

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh elektroinstalace pasivního rodinného domu

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš HOLÝ**
Osobní číslo: **E15N0017K**
Studijní program: **N2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Název tématu: **Návrh elektroinstalace pasivního rodinného domu**
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Navrhněte a dimenzujte hlavní přípojku pro napájení pasivního domu za pomoci programu Sichr a vytvořte technickou zprávu.
2. Vypracujte kompletní elektroinstalaci pasivního rodinného domu včetně ochrany před bleskem při respektování platných norem ČSN IEC 62 305.
3. Popište jednotlivé funkční prvky elektroinstalace objektu a navrhněte možné varianty těchto prvků s ohledem na výslednou cenu elektroinstalace.
4. Navrhněte solární panely pro ohřev teplé užitkové vody. Pro vytápění navrhněte tepelné čerpadlo a popište rekuperaci v daném objektu. Zhodnoťte, jakou měrou přispějí k ušetření energie.
5. Proveďte ekonomickou bilanci pro výše řešenou problematiku.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah kvalifikační práce: **40 - 60 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. ČSN IEC, katalogové listy, [www stránky](#).
2. Program SICHR 15.1.
3. Cílenou literaturu pro DP určí vedoucí DP na první konzultaci.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Zbyněk Martínek, CSc.**

Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **5. října 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **30. května 2019**


Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 10. října 2018

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce se zabývá návrhem a dimenzováním hlavní přípojky pro napájení pasivního domu v programu Sichr. Dále je vytvořena kompletní elektroinstalace včetně ochrany před bleskem podle platných norem. Jsou zde popsány jednotlivé funkční prvky elektroinstalace daného objektu a vytvořeny možné varianty prvků s ohledem na výslednou cenu elektroinstalace. Následně se práce zabývá návrhem solárních panelů pro ohřev teplé užitkové vody a také návrhem tepelného čerpadla určeného k vytápění objektu přičemž v závěru je zhodnoceno, jakou měrou navrhovaná zařízení přispěla k ušetření energie. V neposlední řadě je v práci provedena ekonomická bilance řešeného projektu.

Klíčová slova

pasivní dům, návrh, energie, instalace, elektroinstalace

Abstract

Theme of this master thesis is the design and main power connections for passive house in the program Sichr. Next, a complete electrical wiring is created, including lighting protection adhering to valid standards. Individual functional elements of the electrical installation of the given object and different cost possibilities of the wiring are described. Subsequently, the thesis is concerned with the designs of solar panels for water heating and with heat pumps for the heating system. Finally, the extent of the contribution for energy savings and the economic balance of the project is calculated.

Key words

passive house, draft, energy, installation, wiring

Prohlášení

Tímto předkládám k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury, při respektování norem ČSN IEC a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce. Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 20.5.2019

Bc. Tomáš Holý

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Zbyňkovi Martínkovi, CSc. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Také bych chtěl poděkovat svému bratrovi Ing. Jaroslavovi Holému za předání rad a zkušeností a učitelům FEL, ZČU v Plzni, kteří mi předali znalosti a zkušenosti v průběhu magisterského studia.

Obsah

OBSAH	7
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	9
ÚVOD	12
1 TECHNICKÁ ZPRÁVA, NÁVRH A DIMENZOVÁNÍ PŘÍPOJKY PRO NAPÁJENÍ PASIVNÍHO DOMU	13
1.1 PASIVNÍ DŮM	13
1.2 TECHNICKÁ ZPRÁVA	14
1.2.1 Všeobecné informace	14
1.2.2 Základní údaje.....	14
1.2.3 Připojení objektu a měření odběru	15
1.2.4 Ochrana před nebezpečným dotykem	15
1.2.5 Světelné rozvody.....	16
1.2.6 Zásuvkové rozvody.....	16
1.2.7 Svítidla	16
1.2.8 Instalace kuchyňské linky	17
1.2.9 Příprava teplé užitkové vody (TUV) a vytápění objektu.....	17
1.2.10 Slaboproudé rozvody	17
1.2.11 Ochrana objektu proti blesku	18
1.3 DIMENZOVÁNÍ A KONTROLY PŘÍPOJKY	19
1.3.1 Celkový soudobý instalovaný příkon, P_{β} (kW)	19
1.3.2 Celkový protékající proud přípojkou trojfázového vedení, I_p (A)	20
1.3.3 Maximální dovolené proudové zatížení kabelu, I_{DOV} (A).....	20
1.3.4 Kontrola úbytku napětí na přípojce ΔU ,.....	21
1.3.5 Návrh jištění přípojky objektu	22
1.3.6 Zkratové poměry	22
1.3.6.1 Síťový napáječ	23
1.3.6.2 Impedance Z_Q (m Ω).....	23
1.3.6.3 Transformátor	24
1.3.6.4 Kabelové vedení.....	25
1.3.6.5 Celková impedance zkratové smyčky	26
1.3.6.6 Výpočet zkratového proudu	27
1.3.7 Výpočet ekvivalentního oteplovacího proudu.....	27
1.3.8 Kontrola na minimální průřez	27
1.3.9 Výpočtový program Sichr	29
2 ELEKTROINSTALACE A OCHRANA PŘED BLESKEM	30
2.1 NÁVRH ELEKTROINSTALACE OBJEKTU.....	30
2.2 ÚČEL OCHRANY PŘED BLESKEM	31
2.2.1 Vnitřní systém ochrany před bleskem.....	31
2.2.2 Vnější systém ochrany před bleskem.....	32
3 FUNKČNÍ PRVKY ELEKTROINSTALACE	35
3.1 ROZVÁDĚČ A ROZVODNICE	35
3.2 JISTIČ	36
3.3 PROUDOVÝ CHRÁNIČ	38
3.4 OCHRANA PROTI PŘEPĚTÍ.....	39
3.5 STYKAČ	40

3.6	SPÍNACÍ PŘÍSTROJE	41
3.7	SILOVÉ ZÁSUVKY.....	44
3.8	SDĚLOVACÍ ZÁSUVKY	45
3.9	ELEKTRICKÁ POŽÁRNÍ SIGNALIZACE (EPS)	46
3.9.1	Manuální - tlačítkový požární hlásič.....	47
3.9.2	Automatický požární hlásič	47
4	NÁVRH SOLÁRNÍCH PANELŮ PRO OHŘEV TUV, NÁVRH TEPELNÉHO ČERPADLA PRO VYTÁPĚNÍ A JEJICH MÍRA ÚSPORY ENERGIE.....	50
4.1	SOLÁRNÍ KOLEKTORY	50
4.1.1	Ploché deskový solární kolektor	50
4.1.2	Trubicový vakuový solární kolektor heat-pipe	51
4.1.3	Trubicový vakuový solární kolektor U-pipe	52
4.2	ZÁKLADNÍ PŘÍKLADY VÝPOČTU KOLEKTORŮ.....	53
4.2.1	Výpočet plochy kolektorů a stanovení tepelné bilance	53
4.3	VOLBA KOLEKTORU.....	59
4.3.1	Ploché deskový kolektor Sun Wing T4 Cu 2,5	60
4.3.2	Trubicový vakuový kolektor Sunheat TKU-25 (U-pipe)	61
4.3.3	Trubicový vakuový kolektor Varisol HP90 20 (heat-pipe).....	62
4.4	SOLÁRNÍ ZÁSOBNÍK A VÝMĚNÍK TEPLA.....	63
4.4.1	Expanzní nádoba.....	64
4.5	TEPELNÉ ČERPADLO	64
4.5.1	Tepelné čerpadlo s kombinací vzduch/voda	66
4.5.2	Tepelné čerpadlo s kombinací země/voda s vrtem.....	67
4.5.3	Tepelné čerpadlo země/voda s plošným kolektorem	67
4.6	NÁVRH TEPELNÉHO ČERPADLA PRO VYTÁPĚNÍ OBJEKTU	68
4.6.1	Tepelné čerpadlo Vitocal 242-G, A06 s kombinací země/voda	69
4.6.2	Tepelné čerpadlo Vitocal 222-A 221, A10 s kombinací vzduch/voda	70
4.7	VOLBA SOLÁRNÍHO ZÁSOBNÍKU.....	72
4.8	REKUPERACE OBJEKTU	73
4.9	MÍRA ÚSPORY ENERGIE POMOCÍ NAVRŽENÝCH ZAŘÍZENÍ	73
5	EKONOMICKÁ BILANCE	75
5.1	VARIANTY ŘEŠENÍ	75
5.1.1	1. Varianta řešení	76
5.1.2	2. Varianta řešení	78
	ZÁVĚR	81
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	83
	PŘÍLOHY.....	86

Seznam symbolů a zkratk

AutoCAD	..... software pro projektování od společnosti Autodesk
c	..... konstanta (-)
c	..... měrná tepelná kapacita ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$)
$\cos\varphi$	..... účinník (-)
ČSN IEC	..... Česká státní norma respektovaná v EU
DR	..... domovní rozváděč
ER	..... elektroměrový rozváděč
EPS	..... elektrická požární signalizace
HDO	..... hromadné dálkové ovládání
HOP	..... hlavní ochranná přípojnice
I'_k	..... rázový zkratový proud zdroje (kA)
I_p	..... proud protékající přípojkou (A)
I_{DOV}	..... dovolená hodnota proudu (A)
I_{NP}	..... jmenovitá hodnota proudu (A)
I_{NV}	..... napájecí proud vedení (A)
$I_{stř}$	..... střední intenzita záření ($W \cdot m^{-2}$)
ISDN	..... Integrated Services Digital Network
k	..... součinitel prostupu tepla (-)
k_E	..... normalizovaný koeficient (-)
k_i	..... koeficient závislý na zvolené třídě systému ochrany před bleskem (-)
k_c	..... koeficient závislý na bleskovém proudu (-)
k_m	..... koeficient závislý na materiálu elektrické izolace (-)
l	..... délka vedení (m)
L	..... indukčnost (H)
L1, L2, L3	..... fázové vodiče napěťové soustavy TN-C-S
LED	..... Light Emitting Diode
LPS	..... systém ochrany před bleskem
OZE	..... obnovitelné zdroje energie
PE	..... polyetylen
PO	..... požární ochrana
P_i	..... instalovaný příkon (kW)

P_{β}	soudobá hodnota instalovaného příkonu (kW)
Q_{den}	energie dopadající na plochu za průměrný den v měsíci (kW . h . m ⁻²)
$Q_{den\ teor}$	energie teoreticky dopadající na plochu za den (kW . h . m ⁻²)
$Q_{potř}$	energie potřebná k ohřátí vody (kW . h)
r	proměnná reflexní schopnost (-)
R	elektrický odpor (Ω)
R_T	rezistance transformátoru (Ω)
s	dostatečná vzdálenost (m)
S	průřez vodiče (mm ²)
$Sichr$	výpočtový software od společnosti OEZ
S_A	povrch absorberu (m ²)
S_k''	zdánlivý zkratový výkon (MVA)
S_{kQ}''	zkratový výkon v přípojovacím bodě síťového napáječe (MVA)
S_{RT}	jmenovitý výkon transformátoru (MVA)
t	teplota okolí/země (°C)
t_K	doba trvání zkratu (s)
t_1	vstupní teplota (°C)
t_2	výstupní teplota (°C)
τ_{pom}	poměrná doba slunečního svitu (-)
τ_{skut}	skutečná doba slunečního svitu (-)
τ_{teor}	teoretická doba slunečního svitu (-)
t_R	převod transformátoru (-)
T	transformátor
$T\check{C}$	tepelné čerpadlo
TUV	teplá užitková voda
U_n	primární jmenovité napětí transformátoru (kV)
U_s	sdílené napětí (V)
u_{KR}	napětí nakrátko na štitku (%)
u_{RR}	napětí nakrátko ohmická složka (%)
V	objem (m ³)
VDT	videotelefon
$Wi-Fi$	Wireless Fidelity
X_T	reaktance transformátoru (Ω)

Z	..... impedance (Ω)
Z_T	..... sousledná zkratová impedance transformátoru (Ω)
β	..... soudobost (-)
\emptyset	..... průměr vodiče (mm)
γ_{Cu}	..... konduktivita mědi ($S \cdot m/mm^2$)
ΔU	..... úbytek napětí na přípojce (V)
ϑ_1	..... teplota vodiče bezprostředně před vznikem zkratu ($^{\circ}C$)
ϑ_F	..... fiktivní teplota vodiče ($^{\circ}C$)
ϑ_K	..... teplota vodiče v době vypnutí zkratu ($^{\circ}C$)
ρ	..... hustota ($kg \cdot m^{-3}$)
η	..... účinnost (%)
ε_T	..... topný faktor (-)

Úvod

Tato diplomová práce je zaměřena na návrh elektroinstalace pro pasivní rodinný dům, jež bude realizován na území české republiky, konkrétně v okolí Prahy. Práce je zpracována v souladu s normami ČSN IEC a je rozčleněna do pěti kapitol. Téma diplomové práce jsem si vybral, jelikož z hlediska úspor energií jsou pasivní rodinné domy stále více žádané a atraktivní, ale také proto, že v budoucnu budu o výstavbě pasivního rodinného domu uvažovat.

První kapitola je věnována postupu při řešení výpočtů spojených s návrhem a dimenzováním přípojky nízkého napětí pro napájení pasivního rodinného domu. Vypočtené hodnoty zkratových proudů jsou následně použity pro srovnání vypínacích schopností jističů a pojistek. Pomocí výpočtového programu Sichr 19.01 je ověřeno, zda ochrany vyhovují vůči nadměrným elektrickým proudům. Nedílnou součástí této kapitoly je vypracovaná technická zpráva. Vše je provedeno v souladu s normou ČSN IEC.

Ve druhé kapitole je vypracována kompletní elektroinstalace daného objektu pomocí grafického softwaru AutoCAD 2019. Součástí je ochrana před bleskem při respektování platných norem ČSN IEC 62 305.

Celá třetí kapitola je věnována popisu jednotlivých funkčních prvků elektroinstalace. Jsou vysvětleny principy, jakými jednotlivé prvky a zařízení fungují a je uvedeno, kde se používají a jakým způsobem se instalují či osazují. Veškeré prvky a zařízení jsou navrhovány s ohledem na výslednou cenu elektroinstalace.

Čtvrtá kapitola se zabývá návrhem solárních kolektorů určených k ohřevu teplé užitkové vody. Jsou provedeny potřebné výpočty pro návrh solárních kolektorů a představeny základní typy kolektorů, včetně jejich technických údajů. Dále se kapitola zaměřuje na návrh tepelného čerpadla, které je určené pro vytápění daného objektu. Jsou představeny jednotlivé typy tepelných čerpadel a popsány jejich funkce, součásti a technické údaje. Součástí této kapitoly je popis procesu rekuperace pro daný objekt.

V poslední páté kapitole je řešena ekonomická bilance pro navrhovaný projekt. Na základě požadavků investora objektu jsou vyhotoveny dvě vhodné varianty řešení. První, levnější varianta obsahuje tepelné čerpadlo fungující na principu vzduch/voda s kombinací plochých solárních kolektorů. Druhá varianta zahrnuje zpracování ekonomické bilance pro tepelné čerpadlo země/voda s hlubinným vrtem a kombinací vakuových trubicových solárních kolektorů.

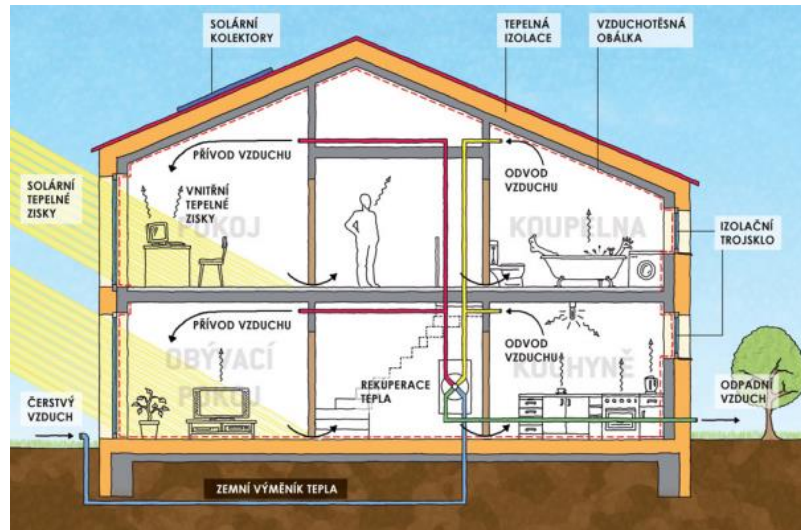
1 Technická zpráva, návrh a dimenzování přípojky pro napájení pasivního domu

V úvodu této kapitoly vysvětlím, co vlastně pojem pasivní dům znamená a jakým způsobem funguje. Následně se budu zabývat zpracováním technické zprávy pro pasivní rodinný dům, jež se bude nacházet na území České republiky, konkrétně v okolí Prahy. Dále provedu výpočet přípojky a dimenzování přípojky pomocí výpočtového programu Sichr. V závěru kapitoly zhodnotím celý návrh a výpočet přípojky určený pro napájení daného pasivního rodinného domu.

1.1 Pasivní dům

Pasivními domy jsou označovány stavby, které zajišťují příjemné prostředí a to v jakémkoli ročním období a bez užití běžných vytápěcích systémů. Obecně tyto domy mají menší spotřebu energie o 85-90% než stávající domy, které svými vlastnostmi připomínají spíše tepelné zářiče nežli objekty. Jinými slovy potřeba energie k vytápění je u pasivních domů podstatně nižší než u novostaveb, které též plní stávající národní normy a předpisy. Tato úspora energie dosahuje až tři čtvrtin. Pasivní domy poskytují velmi dobrou teplotní atmosféru a to i přesto, že v současné době nároky na kvalitu obydlí stále rostou. To vše je zajištěno díky mimořádně dobrému zateplení objektu. Kvalitně navržená koncepce větracího systému zaručuje čistý a svěží vzduch v celém objektu. Na základě nepřetržitého větrání, k němuž dochází v celém objektu, setrvávají všechny konstrukční části nepoškozené a nejsou tak vystavovány rizikům koroze. Pojem pasivní dům je založen na bázi využívání a aplikace tepelných užitků v objektu. Tyto zisky lze rozdělit na interní a externí. Norma ČSN 73 0540-2 uvádí spotřebu tepla potřebnou na vytápění pasivního rodinného domu maximálně 15 kWh/(m² . rok).

Interním ziskem je teplo, jež vyzařují osoby a spotřebiče. Externím ziskem je sluneční záření, které prostupuje okny do objektu. Objekt je zabezpečen kvalitní izolací a tím zisky dostávají k tomu, aby byla ideální teplota ve všech částech objektu. Vše je považováno za komfort, jímž dochází k nárůstu tržní hodnoty nemovitosti. [14]



Obr. 1.1 Grafické zobrazení pasivního domu [3]

1.2 Technická zpráva

1.2.1 Všeobecné informace

Účelem technické zprávy je návrh kompletní elektroinstalace pasivního rodinného domu. Napojení bude provedeno pomocí vedení nn přímo na kabelový veřejný rozvod. Technická zpráva bude obsahovat dokumentaci silnoproudých a slaboproudých obvodů. Mezi silnoproudé obvody patří přípojková skříň - elektroměrový rozváděč (ER), domovní rozváděč (RD), světelné a zásuvkové rozvody. Budou vytvořeny sdělovací obvody pro zvonek, televizi a rádio. Součástí dokumentace bude také hromosvod. Rozvody může provádět jen osoba splňující kvalifikaci dle platné vyhlášky č. 50/1978 Sb. Po dokončení a před uvedením do chodu je nutné provést výchozí revizi elektrického zařízení a následné vyhotovení revizní zprávy. [3]

1.2.2 Základní údaje

- Soustava 3+PEN, AC, 50 Hz, 400/230 V, TN-C-S.
- Stupeň elektrizace C.
- Instalovaný příkon $P_i = 38,68 \text{ kW}$ (38,87 kW).
- Činitel soudobosti $\beta = 0,77$.
- Soudobý příkon $P_\beta = 29,78$ (29,92 kW).
- Ochrana proti nebezpečnému dotykovému napětí na živých částech pomocí izolace

- a krytí. Dodatečná ochrana bude řešena pomocí proudového chrániče dle ČSN IEC 33 2000-4-41 ed. 3.
- g) Ochrana proti nebezpečnému dotykovému napětí na neživých částech bude realizována automatickým odpojením od zdroje, pospojováním či uzemněním. Zvýšená ochrana bude provedena pomocí proudového chrániče, dle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2.
 - h) Ochrana proti přetížení a zkratu řešena pojistkami a jističi dle ČSN 33 2000-4-473 a ČSN 33 2000-5-52 ed. 2.
 - i) Druh prostředí ve všech prostorech AA05 (normální).

1.2.3 Připojení objektu a měření odběru

Napájení rodinného domu bude z distribuční sítě nn pomocí kabelu AYKY 4Jx120 mm², jež bude uložen přímo v zemi a povede do přípojkové skříně (PS). Tato přípojková skříně bude zabudována včetně elektroměrového rozváděče (ER) a hromadného dálkového ovládání (HDO) do zděného sloupku, který je součástí oplocení pozemku. To vše bude umístěno 60 cm nad upraveným terénem a přístupné z veřejného prostranství, dle normy ČSN EN 61439-3. V části před elektroměrem bude instalován hlavní jistič, jehož proudová hodnota bude 40 A a vypínací charakteristika B. Část před HDO přijímačem bude osazena jednofázovým jističem s proudovou hodnotou 6 A a též vypínací charakteristikou B. Výkonové pojistky 3x63 A budou představovat hlavní jištění objektu a jejich proudová hodnota bude alespoň o dva řády vyšší než u hlavního jističe. Domovní rozváděč (RD) bude instalován v technické místnosti rodinného domu a bude propojen s elektroměrovým rozváděčem (ER) pomocí kabelu CYKY 4Jx10 mm², který bude uložen v trubce (chrániče z PVC, průměr 40 mm) v zemi v hloubce 80 cm. Stejnou cestou bude taženo vedení, určené k ovládání HDO, jímž bude kabel CYKY 3Jx1,5 mm². Kabely jsou tímto způsobem ukládány v souladu s normou ČSN 33 2000-5-52 ed. 2.

1.2.4 Ochrana před nebezpečným dotykem

Provedení ochrany před elektrickým proudem bude řešeno automatickým odpojením od zdroje v síti TN, přičemž doplňková ochrana bude provedena proudovým chráničem 30 mA. Uvedené způsoby řešení ochran budou v souladu s normou ČSN 33 2000-

4-41 ed. 3. Ochrana proti blesku a přepětí bude realizována pomocí svodiče bleskových proudů a přepětí a to dle normy ČSN EN 62305-1 až 4 ed. 2.

1.2.5 Světelné rozvody

Světelné rozvody budou vedeny pomocí kabelů CYKY 3Jx1,5 mm², CYKY 3Ox1,5 mm² a CYKY 4Ox1,5 mm² pod omítkou, v sádkartonových stěnách a stropích. Provedení všech svítidel, která budou osazena v sádkartonových stěnách nebo stropích musí být navrženo již od výrobce. Stropní světelné vývody budou osazeny pomocí pevných svítidlových svorek a závěsnými háky. Zbylé vývody budou připraveny pro daný typ svítidla. To, kde přesně budou svítidla instalována a o jaký typ půjde, bude na rozhodnutí investora navrhovaného objektu. V prostorech s vanou, sprchou či umývacích prostorech musí být pro umístění svítidel respektována norma ČSN 33 2000-7-701 ed. 2. Při instalaci venkovního osvětlení musí být splněno požadované krytí pro dané prostředí, to je stanoveno normou ČSN 33 2000-1 ed. 2. Rozvody pro osvětlení budou provedeny kabely CYKY 3Jx1,5 mm². Vypínače a přepínače budou instalovány do společných či samostatných rámečků, což bude záviset na požadavcích a náročnosti osvětlení místnosti. Nebude-li uvedeno jinak, budou instalovány do výšky 120 cm od země a na straně kliky dveří. [2]

1.2.6 Zásuvkové rozvody

Pro případné změny rozvodů v objektu je dle normy doporučen minimální počet zásuvkových obvodů. Norma též stanovuje, že může být jeden zásuvkový obvod osazen maximálně deseti zásuvkami. Jištění zásuvek bude zajištěno proudovým chráničem. Nebude-li uvedeno jinak, budou zásuvky osazeny ve výšce minimálně 20 cm od země. V kuchyni a v prostorech, kde se nachází vana, sprcha či v umývacích prostorech budou zásuvky osazeny ve výšce 120 cm od země. Zásuvkové rozvody budou vedeny pod omítkou a v sádkartonových stěnách a budou tvořeny pomocí kabelů CYKY 3Jx2,5 mm². [2]

1.2.7 Svítidla

Interiérové osvětlení bude provedeno nejčastěji pomocí nástěnných a stropních světel, ale bude také použito zářivkových svítidel. Venkovní osvětlení bude realizováno i za pomoci světel s pohybovým čidlem.

1.2.8 Instalace kuchyňské linky

Elektroinstalace v oblasti kuchyňské linky bude realizována podle návrhu výrobce kuchyňské linky. Součástí kuchyňské linky bude elektrická varná deska, pro kterou bude připraven třífázový přívod vyvedený přibližně 60 cm od země. Digestoř bude připojena k zásuvkovému okruhu.

1.2.9 Příprava teplé užitkové vody (TUV) a vytápění objektu

Příprava TUV bude realizována pomocí solárních kolektorů instalovaných na střeše objektu. Součástí systému bude též solární zásobník s výparníkem. Zásobník bude vybaven topným tělesem připojeným ke zdroji elektrické energie, jež bude TUV v případě nedostatku slunečního záření (obvykle bývá v zimním období) ohřívat na požadovanou teplotu. Sepnutí tzv. sekundárního zdroje bude učiněno pomocí hromadného dálkového ovládní. Systém vytápění navrhovaného objektu bude proveden za pomoci tepelného čerpadla (TČ) jehož součástí bude elektrokotel sloužící jako záložní zdroj. Obě tyto zařízení využívají kabel CYKY 5Jx4 mm² vedeného přímo do domovního rozváděče (RD). Spínání bude prováděno na základě signálového přenosu HDO. Regulování bude uskutečněno prostorovým termostatem, jehož výrobcem je společnost Viessmann. V koupelně budou zabudovány topné žebříky se zástrčkou do zásuvky.

1.2.10 Slaboproudé rozvody

Televizní anténa a rádio

Televizní anténa a rádio budou provedeny pomocí koaxiálního kabelu s impedancí 50 ohmů, jež budou vedeny od stožáru a budou ukončeny až v místech osazených zásuvkami.

Videotelefon (VDT) se zvonkem

Toto zařízení slouží k sdělování informací z vnější části objektu do vnitřní a naopak. VDT se skládá ze dvou součástí, z venkovní a vnitřní jednotky. Součástí venkovní jednotky je kamera, mikrofon, reproduktor a ovládací zvonkové tlačítko. Vnitřní jednotka obsahuje napájení a uzemnění venkovní jednotky, LCD displej, reproduktor, mikrofon, ovládní hlasitosti zvonku a ovládací tlačítko. První, vnitřní modul bude instalován na stěnu u vchodové části uvnitř objektu, do výšky 140 cm od podlahy a druhý venkovní modul

na vnější stranu zděného oplocení. Rozvod tohoto zařízení bude realizován za pomoci kabelu J-Y(ST)Y 2x2x0,8 mm², uloženého v zemi přibližně v hloubce 80 cm a umístěný v PVC trubce o průměru 32 mm, přičemž obě jednotky jsou mezi sebou vzájemně propojeny. Napájení VDT bude z domovního rozváděče (RD) za pomoci zvonkového transformátoru a kabelu CYKY 20x1,5 mm².

Hlásič požární ochrany (PO)

V rodinném domě bude instalováno zařízení pro ochranu před vznikem požáru. Hlásičem PO bude tzv. bezdrátová signalizace, vyhovující požadavkům dle normy ČSN EN 14604. Čidlo reagující na kouř bude umístěno v kuchyňském prostoru a to především z důvodu největšího rizika vzniku požáru v tomto prostoru. Zařízení bude zkoušeno v pravidelných intervalech kvalifikovanou osobou a s příslušným osvědčením.

1.2.11 Ochrana objektu proti blesku

Hromosvod

Navrhovaný objekt musí splňovat provedení hromosvodu dle normy ČSN EN 62305-1-5 ed. 2. Hromosvod bude představovat mřížovou soustavu, která se bude nacházet na střeše. Součástí soustavy budou čtyři jímače a čtyři svody bleskových proudů. Vedení jímačů a svodů bude tvořeno drátem FeZn o průměru 8 mm. Dále vedení od zkušebních svorek k základovému zemniči FeZn 30x4 bude provedeno pomocí drátu FeZn o průměru 10 mm.

Uzemnění

Uzemnění objektu proti bleskovým proudům bude zabezpečeno základovým zemničem FeZn 30x4 mm, jež bude uložen v základní betonové konstrukci po celém obvodu objektu a propojen s mřížovou soustavou hromosvodu. Maximální hodnota zemního odporu nesmí překročit 10 Ω. Při tvorbě uzemnění je nutné respektovat znění normy ČSN IEC 33 2000-5-54 ed. 3 a při volbě materiálu je potřeba zohlednit životnost celého objektu.

1.3 Dimenzování a kontroly přípojky

1.3.1 Celkový souborý instalovaný příkon, P_{β} (kW)

$$P_{\beta} = P_i \cdot \beta \text{ (kW)} \quad (1.1)$$

VITOCAL 242 – G, A06 $P_{\beta} = P_i \cdot \beta = 38,68 \cdot 0,77 = 29,78 \text{ kW}$

VITOCAL 222-A 221.A10 $P_{\beta} = P_i \cdot \beta = 38,87 \cdot 0,77 = 29,92 \text{ kW}$

Sdružené síťové napětí, U_s (V) $U_s = 400 \text{ V}$

Účinník, $\cos\varphi$ $\cos\varphi = 0,98$

Teplota okolí (země), ($^{\circ}\text{C}$) $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Instalované spotřebiče		El. příkon (W)	
Elektrický sporák s indukční varnou deskou		9.000	
Automatická pračka se sušičkou		2.200	
Automatický kávovar		1.450	
Myčka nádobí		1.800	
Osvětlení		1.700	
Vysavač		1.150	
Topinkovač		830	
Lednice		280	
Počítač (3x)		600	
Televize (3x)		360	
Ostatní		4000	
Součet		23.370	
Princip tepelného čerpadla		Země/Voda	Vzduch/Voda
Tepelné čerpadlo		1.770	1.960
Elektrokotel s plynulou regulací		8.000	8.000
Ohřev TUV		5.500	5.500
Oběhové čerpadlo pro solární kolektory		40	40
Součet		15.360	15.640
Celkový příkon		38.680	38.870

Tab. 1.1 Spotřebiče a jejich příkon [1]

1.3.2 Celkový protékající proud přípojkou trojfázového vedení, $I_p(A)$


$$I_p = \frac{P_\beta}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos\varphi} (A) \quad (1.2)$$

$$\text{VITOCAL 242 – G, A06} \quad I_p = \frac{29,78 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,98} = 43,86 \text{ A}$$

$$\text{VITOCAL 222-A, 221.A10} \quad I_p = \frac{29,92 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,98} = 44,06 \text{ A}$$

1.3.3 Maximální dovolené proudové zatížení kabelu, $I_{DOV}(A)$

Maximální dovolená hodnota proudového zatížení kabelu bude stanovena na základě tabulky 1.2, jež vychází z normy ČSN 33 2000-5-52 ed. 2.

 Platí pro způsob uložení D (tj. vícežilové kabely v trubkách v zemi, přímo v zemi)	
Jmenovitý průřez vodičů (mm ²)	Dovolené zatěžovací proudy I_{NP} při třech zatížených vodičích (A)
1	14,5
1,5	18
2,5	24
4	31
6	39
10	52
16	67
25	86

Tab. 1.2 Maximální dovolená proudová zatížitelnost kabelu v závislosti na průřezu vodiče [29]

Pro navrhovaný objekt bude zvolen přívodní kabel CYKY 4Jx10 mm² z mědi a bude uložen přímo v zemi (způsob D) přičemž teplota okolí (země) je 20°C.

Při volbě kabelu musí platit podmínka:

$$I_{DOV} > I_p (A) \quad (1.4)$$

$$52 \text{ A} > 43,86 \text{ A}$$

$$52 \text{ A} > 44,06 \text{ A}$$

To je dodrženo a tudíž vybraný kabel CYKY 4Jx10 mm² **vyhovuje** maximálnímu proudovému zatížení.

1.3.4 Kontrola úbytku napětí na přípojce ΔU ,

Hodnota úbytku napětí přípojky je opět dána normou ČSN 33 2000-5-52 ed. 2 a nesmí překročit 2% jmenovité hodnoty sdruženého napětí U_s . v části, jenž začíná od elektroměrového rozváděče a končí domovní rozvodnicí. Výpočet úbytku napětí pro danou přípojku je proveden níže (1.4 a 1.5).

$$\Delta U = \frac{l \cdot P_{\beta}}{\gamma_{Cu} \cdot S \cdot U_s} \text{ (V)} \quad (1.4)$$

$$\text{VITOCAL 242 – G, A06} \quad \Delta U = \frac{10 \cdot 29780}{56,05 \cdot 10 \cdot 400} = 1,328 \text{ V}$$

$$\text{VITOCAL 222-A, 221.A10} \quad \Delta U = \frac{10 \cdot 29920}{56,05 \cdot 10 \cdot 400} = 1,334 \text{ V}$$

Dále musí platit podmínka úbytku napětí na kabelu:

$$\Delta U < 2\% \cdot U_s \text{ (V)} \quad (1.5)$$

$$\Delta U < 0,02 \cdot 400$$

$$\Delta U < 8 \text{ V}$$

kde

ΔU – úbytek napětí (V),

l - délka vedení (m),

P_{β} – je soudobý příkon (kW),

γ_{Cu} – konduktivita mědi ($S \cdot m \cdot mm^{-2}$),

S – průřez vodiče (mm^2),

U_s – sdružené napětí (V).

Z výpočtu vyplývá, že hodnota úbytku napětí v tomto případě nesmí být vyšší než 8 V ze sdruženého napětí.

$$1,328 \text{ V} < 8 \text{ V}$$

$$1,334 < 8 \text{ V}$$

Navrhovaný kabel CYKY 4Jx10 mm^2 **vyhovuje**, jelikož podmínka, jenž je dána vztahem (1.5) byla dodržena.

1.3.5 Návrh jištění přípojky objektu

Při volbě jističe musí být splněna tato podmínka:

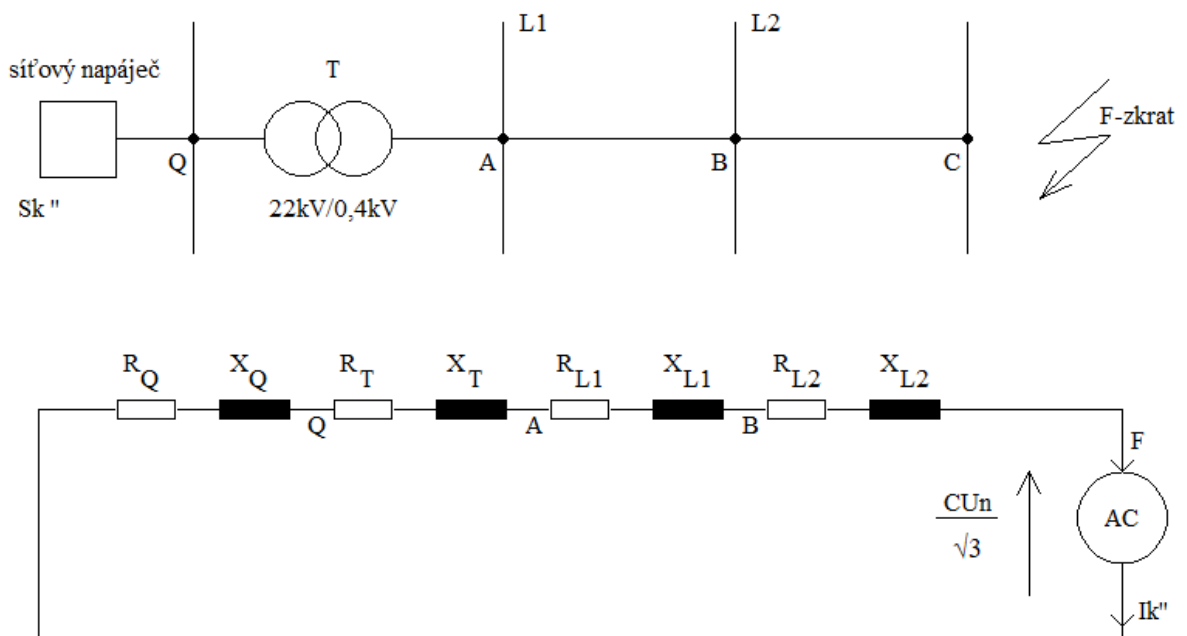
$$I_{DOV} > I_{NJ} \text{ (A)}, \quad (1.6)$$

$$I_{DOV} = 52 \text{ A} \rightarrow I_{NJ} = 40 \text{ A},$$

$$\text{pak } 52 \text{ A} > 40 \text{ A}.$$

Uvedená podmínka je splněna, tedy pro jištění přípojky jsem vybral jistič 40A/3 s vypínací charakteristikou B. Jistič je určený po obvodu s nízkými proudovými rázy a bude instalován do části před elektroměrem tedy do elektroměrového rozváděče ER. Vypínací schopností tohoto tzv. hlavního jističe je bezpečné vypnutí při přetížení, zkratovém proudu či nadměrných elektrických proudech (tzv. nadproudech). Musí být dodrženo, že jmenovitá hodnota proudu jističe před elektroměrem je minimálně o dvě úrovně nižší, než je jmenovitá proudová hodnota pojistek a proto volím pojistky $I_{NP} = 3 \cdot 63 \text{ A}$. Tímto jsou oba prvky odstupňovány dle jmenovitého proudu, čímž zajišťují selektivitu. [2]

1.3.6 Zkratové poměry



Obr. 1.3 Náhradní schéma daného obvodu [1]

1.3.6.1 Síťový napáječ

$$S_{kQ}'' = 54,5 \text{ MVA}$$

$$U_1 = 22 \text{ kV}$$

$$U_2 = 0,4 \text{ kV}$$

$$t_R = \frac{U_1}{U_2} (-) \quad (1.7)$$

$$t_R = \frac{22000}{400} = 55$$

1.3.6.2 Impedance $Z_Q(\text{m}\Omega)$

Je počítána impedance vztahující se na stranu vyššího napětí transformátoru.

$$Z_Q = \frac{c \cdot U_1^2}{S_{kQ}'' \cdot t_R^2} \text{ (m}\Omega\text{)} \quad (1.8)$$

$$Z_Q = \frac{1,1 \cdot 22000^2}{54,5 \cdot 10^6 \cdot 55^2} = 3,23 \text{ m}\Omega$$

kde

c – konstanta zahrnující kolísání napětí v časové závislosti, zanedbání zátěže a kapacity reaktancí, přepojování odboček transformátoru a také zohledňuje průběh motoru a generátoru v přechodovém stavu. Pro elektrickou soustavu je počítána $c = 1,1$,

S_{kQ}'' - zkratový výkon v přípojovacím bodě síťového napáječe,

t_R - převod transformátoru.

$$X_Q = 0,995 \cdot Z_Q \text{ (}\Omega\text{)} \quad (1.9)$$

$$X_Q = 0,995 \cdot 3,23 = 3,21 \text{ m}\Omega$$

$$Z_Q = \sqrt{R_Q^2 + X_Q^2} \text{ (}\Omega\text{)} \quad (1.10)$$

pak z (1.10) vyplývá

$$R_Q^2 = Z_Q^2 - X_Q^2 \text{ (}\Omega\text{)} \quad (1.11)$$

$$R_Q = \sqrt{Z_Q^2 - X_Q^2} \text{ (}\Omega\text{)} \quad (1.12)$$

$$R_Q = \sqrt{3,23^2 - 3,21^2} = 0,36 \text{ m}\Omega$$

1.3.6.3 Transformátor

$$U_1 = 22 \text{ kV}$$

$$U_2 = 0,4 \text{ kV}$$

$$S_{RT} = 0,4 \text{ MVA}$$

$$u_{kR\%} = 6 \%$$

$$u_{RR\%} = 3,2 \%$$

kde

S_{RT} – jmenovitý zdánlivý výkon transformátoru,

u_{kR} – jmenovité napětí nakrátko,

u_{RR} – ohmická složka u_{kR} .

$$Z_T = \sqrt{R_T^2 + X_T^2} \quad (1.13)$$

$$Z_T = \frac{u_{kR}}{100} \cdot \frac{U_2^2}{S_{RT}} \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$Z_T = \frac{6}{100} \cdot \frac{400^2}{0,4 \cdot 10^6} = 24 \text{ m}\Omega$$

$$R_T = \frac{u_{RR}}{100} \cdot \frac{U_2^2}{S_{RT}} \text{ (}\Omega\text{)} \quad (1.14)$$

$$R_T = \frac{3,2}{100} \cdot \frac{400^2}{0,4 \cdot 10^6} = 12,8 \text{ m}\Omega$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} \text{ (}\Omega\text{)} \quad (1.15)$$

$$X_T = \sqrt{24^2 - 12,8^2} = 20,3 \text{ m}\Omega$$

kde

Z_T – sousledná zkratová impedance transformátoru,

R_T – rezistance transformátoru,

X_T – reaktance transformátoru.

1.3.6.4 Kabelové vedení

Kabel L1:

AYKY 4J x 120 mm²

$$l_{L1} = 310 \text{ m}$$

$$R'_{L1} = 442,3 \text{ m}\Omega \cdot \text{km}^{-1}$$

$$X'_{L1} = 83 \text{ m}\Omega \cdot \text{km}^{-1}$$

Celkový činný odpor kabelu L1

$$R_{L1} = R'_{L1} \cdot l_{L1} \text{ (}\Omega\text{)} \quad (1.16)$$

$$R_{L1} = 442,3 \cdot 0,31 = 137,11 \text{ m}\Omega$$

Celková reaktance kabelu L1

$$X_{L1} = X'_{L1} \cdot l_{L1} \text{ (}\Omega\text{)} \quad (1.17)$$

$$X_{L1} = 83 \cdot 0,31 = 25,73 \text{ m}\Omega$$

Sousledná zkratová impedance kabelu L1

$$Z_{L1} = \sqrt{R_{L1}^2 + X_{L1}^2} \text{ (}\Omega\text{)} \quad (1.18)$$

$$Z_{L1} = \sqrt{137,11^2 + 25,73^2} = 139,5 \text{ m}\Omega$$

Stejný postup výpočtu bude použit pro kabel L2.

Kabel L2:

CYKY 4Jx10 mm²

$$l_{L2} = 10 \text{ m}$$

$$R'_{L2} = 1880 \text{ m}\Omega \cdot \text{km}^{-1}$$

$$X'_{L2} = 95 \text{ m}\Omega \cdot \text{km}^{-1}$$

Celkový činný odpor kabelu L2

$$R_{L2} = R'_{L2} \cdot l_{L2} (\Omega) \quad (1.19)$$

$$R_{L2} = 1880 \cdot 0,01 = 18,8 \text{ m}\Omega$$

Celková reaktance kabelu L2

$$X_{L2} = X'_{L2} \cdot l_{L2} (\Omega) \quad (1.20)$$

$$X_{L2} = 95 \cdot 0,01 = 0,95 \text{ m}\Omega$$

Sousledná zkratová impedance kabelu L1

$$Z_{L2} = \sqrt{R_{L2}^2 + X_{L2}^2} (\Omega) \quad (1.21)$$

$$Z_{L2} = \sqrt{18,8^2 + 0,95^2} = 18,82 \text{ m}\Omega$$

1.3.6.5 Celková impedance zkratové smyčky

$$Z_K = Z_Q + Z_T + Z_{L1} + Z_{L2} (\Omega) \quad (1.22)$$

$$Z_K = 3,23 + 24 + 139,5 + 18,82 = 185,55 \text{ m}\Omega$$

1.3.6.6 Výpočet zkratového proudu

Výpočet je proveden pomocí aplikace metody pro souměrné zkraty. Tato hodnota je efektivní hodnotou střídavé složky zkratového proudu a následně je spočítán počáteční, třífázový, rázový, zkratový proud takto:

$$I_k'' = \frac{c \cdot U_N}{\sqrt{3} \cdot Z_K} \text{ (A)} \quad (1.23)$$

$$I_k'' = \frac{1,1 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 185,55 \cdot 10^{-3}} = 1,37 \text{ kA}$$

1.3.7 Výpočet ekvivalentního oteplovacího proudu

$$I_{kE} = k_E \cdot I_k'' \text{ (A)} \quad (1.24)$$

Hodnota k_E závisí na době trvání zkratu a na poměru L a R ve smyčce, v níž dochází k uzavírání zkratového proudu. Na základě normy ČSN 33 3015 $k_E = 1$. Doba trvání zkratu je uvažována v nejhorším možném případě $t_k = 1$ s.

pak
$$I_{kE} = 1 \cdot 1,37 = 1,37 \text{ kA}$$

kde
 k_E – normalizovaný koeficient,
 t_k – doba trvání zkratu (s).

1.3.8 Kontrola na minimální průřez

Při kontrole minimálního průřezu musí platit níže uvedená podmínka:

$$S \geq S_{\min} \quad (1.25)$$

$$S_{\min} = \frac{I_{kE} \cdot \sqrt{t_k}}{K} \text{ (mm}^2\text{)} \quad (1.26)$$

Je-li uvažována izolace kabelu z PVC, musí splňovat:

$\vartheta_1 = 70$ °C, tato hodnota nesmí být překročena při normálním provozu,

$\vartheta_K = 250 \text{ }^\circ\text{C}$, hodnota nesmí být překročena kvůli porušení izolace kabelu.

Norma ČSN 33 3015 udává hodnotu K , která se stanoví na základě dovolené povozní teploty zvoleného vodiče, která je bezprostředně před vznikem zkratu a maximální teploty po zkratu.

$$K = \sqrt{\frac{c_{v0} \cdot (\vartheta_F + 20)}{\rho_{20}} \cdot \ln \frac{\vartheta_F + \vartheta_K}{\vartheta_F + \vartheta_1}} \quad (-) \quad (1.27)$$

kde

ϑ_F – fiktivní teplota vodiče neboli teplotní rozdíl potřebný ke změně měrného odporu vodiče o jeden stupeň ($\text{Cu} = 234,5^\circ\text{C}$)

ϑ_K – teplota vodiče v době vypnutí zkratu,

ϑ_1 – teplota vodiče bezprostředně před vznikem zkratu.

	$c_{v0} (\text{J}/\text{cm}^3 \cdot \text{K})$ ($\text{J}/\text{mm}^2 \cdot \text{m} \cdot \text{K}$)	$\rho_{20} (\mu \cdot \Omega \cdot \text{m})$ ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)
Cu	3.500	0.0179
Al	2.417	0.0294
Fe	3.770	0.1430

Tab. 1.3 Potřebné proměnné [30]

Nyní jsou nám známy všechny potřebné hodnoty, tudíž je následně dosadíme do již uvedených rovnic (1.27 a 1.26) a provedeme konečný výpočet:

$$K = \sqrt{\frac{3,5 \cdot (234,5 + 20)}{0,0179} \cdot \ln \frac{234,5 + 250}{234,5 + 70}} = 152$$

$$S_{\min} = \frac{1,37 \cdot \sqrt{I}}{152} = 9,01 \text{ mm}^2$$

Poté provedeme následnou kontrolu, zda kabel vyhovuje a to dle podmínky (1.25):

$$10 \text{ mm}^2 > 9,01 \text{ mm}^2$$

Podmínka je splněna. Zvolený kabel CYKY 4Jx10 mm² **vyhovuje**.

1.3.9 Výpočtový program Sichr

Po provedení registrace na webu společnosti OEZ jsem následně zahájil výpočet napájení navrhovaného objektu pomocí výpočtového programu Sichr, verze 19.01.

Pomocí zmíněného programu lze navrhovat a kontrolovat paprskové sítě TN-C, TN-C-S, ale také IT sítě a to aniž by byl vyveden střední vodič. To vše je možné provádět ve všech běžných napěťových úrovních. Program Sichr je vybaven aktuální řadou jisticích a spínacích prvků, proudových chráničů či svodičů přepětí vyrobených společnostmi OEZ. Dále jsou v programu k dispozici databáze různých transformátorů a silových kabelů. [2]

Přílohy v grafické podobě, jež byly vytvořeny pomocí výpočtového programu Sichr 19.01:

Příloha č. 1 – Všeobecné informace a soupiska materiálu

Příloha č. 2 – Celkové schéma napájecí přípojky

Příloha č. 3 – Přehled parametrů a výpočtů (TN, $U_n = 230/400$ V)

Příloha č. 4 – Selektivita jištění

Příloha č. 5 – Impedanční smyčky

Příloha č. 6 – Vypínací charakteristiky a nastavení spouští

Příloha č. 7 – Ekonomická optimalizace

Příloha č. 8 – Nastavení nadproudových spouští

Příloha č. 9 – Vypínací charakteristiky - selektivita jištění - paprsek 1

Příloha č. 10 – Vypínací charakteristiky - impedanční smyčky - paprsek 1

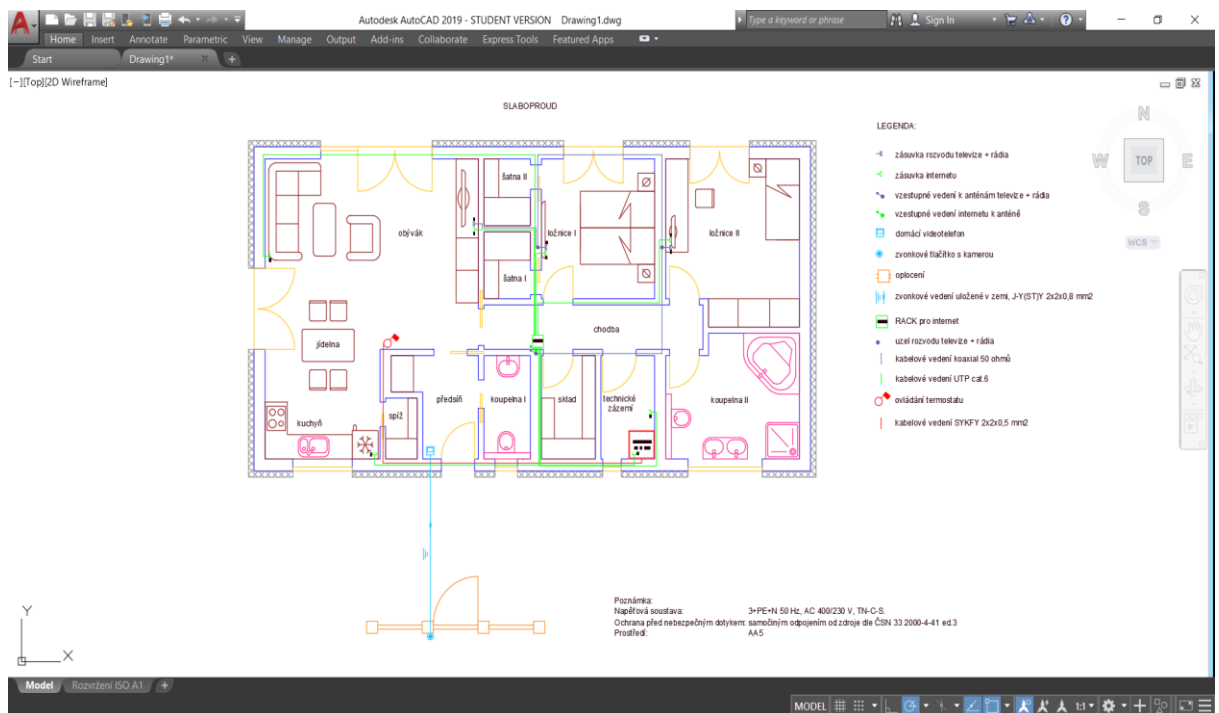
Příloha č. 11 – Vypínací charakteristiky - paprsek 1

2 Elektroinstalace a ochrana před bleskem

Ve druhé kapitole diplomové práce se budu zabývat kompletním zpracováním elektroinstalace pasivního rodinného domu pomocí software k tomu určenému. Jedná se o program AutoCAD od softwarové společnosti Autodesk, jež je zaměřena na 2D a 3D grafiku. Proto, abych mohl navrhnout a vypracovat kompletní elektroinstalaci objektu, jsem si aktivoval 30 denní studentskou verzi programu AutoCAD 2019. Při navrhování elektroinstalace se také zaměřím na návrh ochrany před bleskem pro daný objekt. Celý návrh bude vypracován v souladu s normou zabývající se hromosvodem ČSN EN 62305-1-5 ed. 2.

2.1 Návrh elektroinstalace objektu

Součástí zpracovaného projektu je kompletní elektroinstalace pasivního sídla, v níž je zahrnuto i zapojení domovního rozváděče (DR). Elektroinstalaci jsem vypracoval pomocí programu AutoCAD 2019 od společnosti Autodesk v souladu s platnými normami a normou zabývající se hromosvodem ČSN EN 62305-1-5 ed. 2. Kompletně zpracovaný návrh elektroinstalace je součástí diplomové práce a je umístěn mezi přílohami.



Obr. 2.1 Zobrazení uživatelského prostředí AutoCAD 2019

2.2 Účel ochrany před bleskem

Účelem ochrany před bleskem je zhotovit souhrnný systém ochrany, který spolehlivě zamezí nežádoucím účinkům přepětí na osoby, zvířata a majetek, které se nachází uvnitř objektu či v jeho blízkém okolí. Základní a nejvíce účinné ochranné opatření objektů před hmotnými škodami zajišťuje systém ochrany před bleskem (LPS). Tento systém je zpravidla tvořen dvěma systémy, vnitřním a vnějším systémem.

Hlavní funkcí vnitřního systému ochrany před bleskem je zabránit nebezpečným jiskřením uvnitř objektu a to pomocí ekvipotenciálního pospojování, elektrické izolace mezi částmi nebo dostatečné vzdálenosti mezi vnějšími prvky ochranného systému a jinými prvky, umístěnými uvnitř, které jsou elektricky vodivé.

Vnější systém ochrany před bleskem slouží k zachycení úderu blesku do objektu pomocí jímací soustavy. Dále je systém určen k bezpečnému svedení bleskového proudu do země za pomoci soustavy svodů. Součástí tohoto systému je uzemňovací soustava, určená k rozptýlení bleskového proudu v zemi. [1] [32]

2.2.1 Vnitřní systém ochrany před bleskem

Účelem tohoto systému ochrany je zabránit nebezpečným jiskřením uvnitř objektu, která mohou být zapříčiněna průchodem bleskového proudu nejen ve vnějším ochranném systému, ale též v ostatních vodivých částech daného objektu. Vlivem jiskření uvnitř objektu může dojít k výbuchu. K jiskření může docházet mezi vnějším ochranným systémem a ostatními součástmi vlivem kovových instalací, vnitřních systémů nebo vnějších vodivých částí a vedení, jež jsou propojená s objektem. Jak jsem již uvedl v předchozím odstavci, nebezpečnému jiskření lze zabránit pomocí ekvipotenciálního pospojování, elektrické izolace mezi částmi nebo dostatečné vzdálenosti mezi vnějšími prvky ochranného systému a jinými prvky, které jsou uvnitř umístěny a jsou elektricky vodivé.

Ekvipotenciální pospojování proti blesku

Vyrovnaní potenciálů lze dosáhnout pomocí vzájemného propojení systému ochrany před bleskem s kovovými částmi objektu, kovovými instalacemi, vnitřními systémy nebo vnějšími částmi, které jsou vodivé a vedeními které jsou spojené s objektem. V případě, že je ekvipotenciální pospojování proti blesku instalováno s vnitřními systémy, může dojít

k tomu, že část bleskového proudu poteče do těchto systémů. Vzájemné propojení je zpravidla prováděno přímým připojením vodičů pospojování nebo přepětovými ochrannými zařízeními. Vzhledem k specifickým požadavkům je důležité, jakým způsobem bude ekvipotenciální pospojování proti blesku provedeno, a proto je nutné projednání s provozovatelem telekomunikační a elektrické sítě, případně jiným orgánem. [32]

Elektrická izolace vnějšího ochranného systému proti blesku

Elektrické izolace mezi jímací soustavou nebo svody na jedné straně a kovovými částmi stavby, kovovými instalacemi a vnitřními systémy na straně druhé může být dosaženo vzdáleností d mezi těmito částmi, která je větší než dostatečná vzdálenost s .

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} l$$

kde

k_i - koeficient závislý na zvolené třídě systému ochrany před bleskem,

k_c - koeficient závislý na bleskovém proudu, který protéká svody,

k_m - koeficient závislý na materiálu elektrické izolace,

l - délka (uvedená v metrech) podél jímací soustavy, nebo svodu od bodu, ve kterém je zjišťována dostatečná vzdálenost, k nejbližšímu bodu ekvipotenciálního pospojování.

Pokud jsou vnější vodivé části nebo vedení spojeny s objektem, musí být vždy u vstupu do objektu zajištěno ekvipotenciální pospojování proti blesku. To bývá zpravidla provedeno přímým spojením přes přepětová ochranná zařízení. [32]

Oddělení bezpečnou vzdáleností

Pojem bezpečná oddělovací vzdálenost lze definovat jako zajištění dostatečné vzdálenosti s , která je mezi zařízením vnější ochrany před bleskem a kovovými částmi daného objektu, jež zabraňuje vzniku elektrického oblouku při úderu blesku do jímače. [1]

2.2.2 Vnější systém ochrany před bleskem

Vnější systém ochrany se užívá k jímací úderů blesků přímo do objektu, což zahrnuje také údery do boku objektu a svedení bleskového proudu od bodu úderu přímo do země. Dále funkce tohoto systému ochrany spočívá v rozvedení bleskového proudu v zemi, bez vzniku škod nebo rizik, která mohou následně způsobit výbuch či požár. Zpravidla jde o mechanické

a tepelné škody či jiskření. Není-li požadováno jinak, bývá systém připevněn k chráněnému objektu. V případech, kdy se objekt nachází v prostředí, v němž je zvýšené riziko výbuchu nebo požáru nebo v objektech s hořlavými stěnami či krytinami, je nutné použít izolovaný systém. Izolovaný vnější systém ochrany před bleskem od chráněného objektu se používá tam, kde mohou tepelné nebo výbušné účinky zapříčinit škody na daném objektu. Součástí vnějšího systému ochrany před bleskem jsou jímací zařízení, svody a uzemnění, které jsou popsány níže. [32]

Jímací zařízení

Funkcí jímacího zařízení je zachycení bleskového výboje, který směřuje k danému objektu. Jímací soustavu lze vytvořit pomocí tyčí, napnutých drátů nebo speciálních vedení. Jednotlivé tyče tvořící jímací soustavu musí být mezi sebou propojeny, proto aby došlo k rozdělení bleskového proudu. Veškeré součásti, které jsou umístěny na střeše, je nutné instalovat do rohů či vystavených míst a hran podle jedné z níže uvedených metod. Metodami pro instalaci jímací soustavy jsou metoda ochranného úhlu, metoda valící koule a metoda mřížové soustavy. Metodu valící se koule lze použít ve všech případech. Metoda ochranného úhlu se užívá v případech, kdy provedení tvaru budovy není nijak zvlášť složité a metoda mřížové soustavy je aplikována v případech, kde je především nutná ochrana rovinných ploch. [1] [32]

Svody

Úkolem svodů je zabezpečit svedení energie od jímacího zařízení do uzemňovací soustavy. V současné době jsou svody zpravidla umísťovány pod obvodový plášť nebo přímo do vnitřního prostoru objektů. Svody eliminují škody vzniklé úderem blesku. Soustavu svodů je vhodné instalovat tak, aby mezi místem úderu se zemí byl větší počet paralelních drah proudu, délka dráhy proudu byla pokud možno co nejkratší a zároveň bylo dodrženo vyrovnání potenciálů k vodivým částem objektu podle 2.2.1. [1] [32]

Uzemnění

Uzemňovací soustava je nedílnou součástí vnější ochrany před bleskem. Hlavním úkolem uzemňovací soustavy je svedení proudu atmosférického výboje pod zemský povrch a jeho následné rozptýlení do vrstev tvořících zemský povrch, a aby byla eliminována nebezpečná přepětí. Rovnoměrné a spolehlivé přenesení bleskového proudu do země zajišťují především rozměry a tvar celé uzemňovací soustavy. Při návrhu uzemnění musí být

co nejmenší hodnota vlastního odporu, ale musí být také zohledněn odpor jednotlivých vodičů a odpor mezi nimi a okolím. Hodnota maximálního zemního odporu při nízkém kmitočtu (též uvedeno v 1.2.11) nesmí překročit 10Ω . [1] [32]

Přílohy v grafické podobě, jež byly vytvořeny v souladu s platnými normami a pomocí programu AutoCAD 2019:

Příloha č. 12 – Výkres – půdorys

Příloha č. 13 – Výkres – domovní rozváděč (DR)

Příloha č. 14 – Výkres – celkové zapojení

Příloha č. 15 – Výkres – připojení

Příloha č. 16 – Výkres - silnoprúd

Příloha č. 17 – Výkres - slaboprúd

Příloha č. 18 – Výkres - bleskosvod

3 Funkční prvky elektroinstalace

V této části diplomové práce se budu věnovat popisu jednotlivých funkčních prvků elektroinstalace navrhovaného objektu. Dále vysvětlím, na jakém principu prvky fungují a kde se konkrétně používají.

3.1 Rozváděč a rozvodnice

Tato elektrická zřízení jsou určena k rozdělení přívodního vedení do více obvodů. Zpravidla se jedná o světlené, zásuvkové obvody nebo také obvody vytvořené pro jiné spotřebiče. Přívodní kabely jsou obvykle dimenzovány na větší zatížení než vývody z rozváděčů. Na přívodu bývá rozváděč osazen hlavním vypínačem, přičemž vývody pomocí jističů zajišťují ochranu proti nadměrným proudům, zkratům a přetížení. Malé rozvaděče, určené po jednu řadu přístrojů, obsahující maximálně 12 modulů jsou, označovány jako rozvodnice. Do rozváděčů a rozvodnic bývají umísťovány také další přístroje. Těmi jsou obvykle proudové chrániče a přepětové ochrany plní především funkci nutnou pro zajištění kvality a bezpečnosti elektrické instalace. Dále se také jedná o přístroje zajišťující řádnou funkci celého systému. Těmito přístroji jsou spínací, blokovací a pomocná relé, stykače, tlačítkové ovladače, signální svítidla, vypínače, časové spínače, stmívače, akční členy a sekundární zdroje určené k napájení. [4]

Provedení rozváděčů a rozvodnic

V současnosti jsou nejčastěji skříňové rozváděčů a rozvodnic vyráběny z plastu či ocelového plechu a jsou určeny k montáži na stěnu či k zapuštěné montáži. Zpravidla je skříň zabezpečena dveřmi. Ty mohou být průhledné či neprůhledné. V případech tzv. bytových rozváděčů a rozvodnic umístěných v panelových bytových domech mohou být bez dveří. Z estetického hlediska jsou instalace novostaveb a nových bytových domů prováděny pomocí zapuštěných rozváděčů a rozvodnic. Nástěnné skříňové se aplikují pouze do míst, kde nejsou viditelné (např. v části mezi stropem a stropním podhledem). Hlavní funkcí rozvaděče a rozvodnice je ochrana před úrazem elektrickým proudem a to i v případě pokud dojde k otevření dveří skříňové v průběhu činnosti elektrického zařízení. Montáž všech elektrických přístrojů musí být provedena tak, že pokud dojde k otevření dveří, musí být živé části zakrytovány, aby nedošlo k jejich dotyku a následnému vzniku úrazu. Přívodní svorky měřicích zařízení a svorky přístrojů, jež se nachází v části před elektroměrem, musí být

zabezpečeny proti neoprávněnému vniknutí. Dané kryty a jejich příslušenství jsou zajištěny pomocí tzv. plombovacích krytek. Odstranění těchto krytů není možné, aniž by plomba nebyla porušena. Z hlediska konstrukce a montážních předpokladů jsou ideální zapuštěné plastové rozvodnice. Ty jsou usazeny uvnitř zděného prostoru a následně jsou do nich zavedeny potřebné kabely a vodiče. Osazené a zapojené rozvodnice jsou zabezpečeny pomocí vnitřního krytu. Nakonec je možné skříň opatřit dvířky. Při výběru rozváděče či rozvodnice je důležité znát počet přístrojů, který bude uvnitř umístěn. Přístroje jsou umístěny v řadách, jejichž maximální počet je stanoven výrobcem. [4] [6]



Obr.3.1 Nástěnný domovní rozváděč (DR) [5]

Přístrojové vybavení rozváděčů a rozvodnic

Do rozváděčů a rozvodnic jsou nejčastěji instalovány elektrické přístroje modulových rozměrů, jejichž provedení je pomocí bezšroubových komponent, určených k upevnění na nosné kovové lišty o šířce 35 mm. Veškeré přístroje jsou zasazeny do krytů identických rozměrů, odlišují se pouze šířkou, která je dána násobkem základní šířky jednoho modulu ($1 M = 18 \text{ mm}$). Užší vrchní části často obsazené ovládacími prvky procházejí skrze společný vnitřní kryt rozvodnice. [4]

Rozmístění rozváděčů a rozvodnic

V malých bytových objektech lze instalovat jednu skříň pro veškeré jističe a další elektrické přístroje. Obecně pro větší objekty je nutné zřídit hlavní rozváděč a k němu příslušný počet rozvodných skříní. Každá z těchto rozvodných skříní je dimenzována přibližně pro 4 až 6 okolních místností. Tímto rozmístěním skříní dojde k výraznému zjednodušení silových elektrických rozvodů a zkrácení vedení od jističů k svítidlům, zásuvkám a spotřebičům. [4]

3.2 Jistič

Jedná se o nejčastější typ přístrojů, jimiž jsou rozváděče a rozvodnice osazovány. Jističe

jsou instalovány všude, kde je elektroinstalace rozvedena do jednotlivých větví. Funkcí každého jističe je zajištění ochrany vedení, jež je z něj vyvedeno, proti nadměrným proudům, zkratům a přetížení. [4]

Jistič je vybaven spínacím mechanismem, jehož součástí je nadproudová a zkratová spoušť. Jistič lze manuálně zapnout i vypnout. V případě vzniku zkratu či přetížení v elektrickém obvodu jistič automaticky odpojí daný obvod. Pokud je odstraněna závada, jež neúmyslné odpojení zapříčinila, je možno jistič manuálně zapnout. Díky této funkci jističe je zajištěna ochrana veškerých spotřebičů v daném obvodu před poškozením či zničením. Zároveň je kabelové vedení chráněno proti přetížení, jehož důsledkem může dojít k přehřátí, porušení izolace a v nejhrošším případě ke vzniku požáru. [6]

















Obr. 3.2 Ukázka jednopólového (vlevo) a třípólového elektrického jističe [7]

Důležitými parametry jističe jsou zkratové schopnosti, jež jsou uváděny v jednotkách kA. V blízkosti trafostanic zpravidla bývají hodnoty zkratových proudů velmi vysoké. Tyto hodnoty lze spočítat za předpokladu, že je známa velikost napájecího napětí, vnitřní impedance daného transformátoru a odpor vedení od trafostanice až k místu vzniku zkratu. Přestože měrný odpor a průřez měděných vodičů je malý, tak v závislosti na vzdálenosti od napájecího zdroje výpočtový zkratový proud rapidně klesá. Toto obvykle nastává v bytových instalacích a instalacích podobného typu. V souvislosti s rozvíjející se technologií výroby a konstrukce jsou k dispozici jističe vhodné pro všeobecné použití. Zkratová odolnost těchto jističů je 6 kA i 10 kA a jsou-li pro oblast použití vyžadovány větší nároky na zkratovou odolnost, existují jističe až 25 kA. [4]

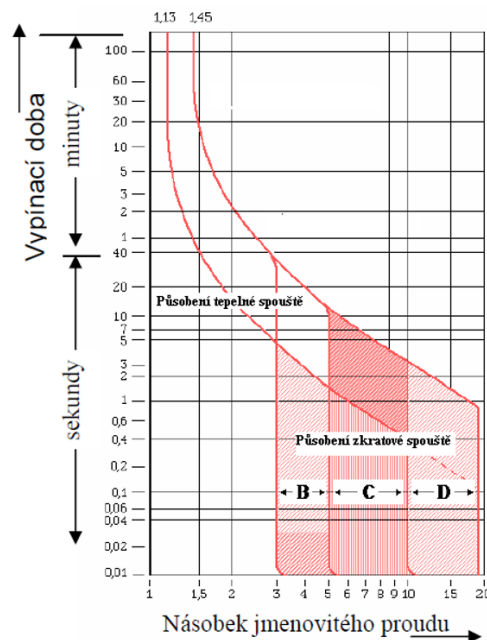
Typy jističů

Výroba jističů je prováděna dle řady normalizovaných jmenovitých proudů. Pro lepší rozlišení jsou na základě hodnot jmenovitých proudů páčky jističe barevně značeny (obrázek 3.3).

0,2 A - 1,6 A	černá		16 A	šedá	
2 A	růžová		20 A	modrá	
4 A	hnědá		25 A	žlutá	
6 A	zelená		32 A	fialová	
8 A	světle zelená		40 A	černá	
10 A	červená		50 A	bílá	
13 A	písková		63 A	měděná	

Obr. 3.3 Barevné značení páček vychází z hodnot jmenovitých proudů [8]

Jističe se dělí dle počtu fází na jednofázové nebo trojfázové. Objekty, jež nejsou určeny ke komerčním účelům, jsou velmi často osazovány jednofázovým jističem, jehož hodnota jmenovitého proudu pro světlené obvody je 6 A (zelená) nebo 10 A (červená). Pro zásuvkové rozvody jsou zpravidla užívány jističe se jmenovitou proudovou hodnotou 16 A (šedá). Dále jsou jističe rozlišovány podle typu vypínacích charakteristik, jež je značena písmenem (např. B, C, D) následujícím za jmenovitou hodnotou proudu. Nejčastěji používané jističe určené pro domovní i průmyslové aplikace, jsou jističe PL6 s vypínací schopností 6 kA a PL7 s vypínací schopností 10 kA. Přičemž jističe PL6 se používají především z důvodu nižší pořizovací ceny. [4] [6]



Obr. 3.4 Vypínací charakteristiky jističů dle normy ČSN EN 60898-1 [9]

3.3 Proudový chránič

Nezbytným doplňkem elektroinstalace je proudový chránič. Ten zpravidla zajišťuje ochranu před úrazem elektrickým proudem a vznikem požáru. Jedná se o automatický spínací

přístroj, který hlídá, jestli nejsou nadměrné ztráty elektrického proudu. Hlídá tedy, jestli je stejná velikost proudů, které přitékají fázovými vodiči a odtékají středním vodičem. Přestože v každé elektroinstalaci dochází k jistým ztrátám přes izolační odpory vodičů a spotřebičů, je potřeba kontrolovat, aby ztráty nepřesáhly mezní hodnoty.

Typy chráničů

Existují nejen samostatné proudové chrániče, ale také kombinované přístroje, jež jsou vybaveny proudovým chráničem a jističem. Pořizovací cena těchto přístrojů je o něco vyšší, ale výhodou je, že díky této kombinaci lze ušetřit místo v rozvodnici či rozváděči, případně pořídit menší.

Pro bytové elektroinstalace většinou dostačuje jeden proudový chránič, jehož jmenovitá hodnota vybavovacího poruchového proudu je 30 mA. Kvůli reakci přepětových ochran by zpoždění mělo být ideálně 30 ms. Větší počet proudových chráničů je instalován do větších objektů. Ochranu proti vzniku požáru v těchto objektech zajistí jeden selektivní proudový chránič, jehož zpoždění je 30 ms a vybavovací poruchový proud 300 mA. Pro obvody jež zajišťují dodávku elektrické energie (tj. do zásuvek ve vnějším prostoru, kuchyní, bazénů atd.) se aplikují dvoupólové či čtyřpólové chrániče s vybavovacím poruchovým proudem 30 mA. [4] [6]



Obr. 3.5 Ukázka dvoupólového proudového chrániče [7]

3.4 Ochrana proti přepětí

Konstrukce přepětových ochran je zpravidla prováděna v modulových rozměrech, tak aby je bylo možné umístit do rozváděčů.

Aby byla ochrana proti přepětí dostatečná, je nutné implementovat svodič přepětí mezi fázové vodiče a ochranný vodič, ale také mezi střední a ochranný vodič. Toto musí být dodrženo, protože přepětové impulzy se mohou přenášet po jakémkoliv z pracovních vodičů. Do oblasti rozvodnic lze instalovat ochrany 2. stupně (třída C), ale také 3. stupně (třída D). [4]



Obr. 3.6 Svodič pro přepět'ovou ochranu určený pro montáž do rozváděčů a rozvodnic [7]

Typy přepět'ových ochran

Ochrany určené pro ochranu jednoho pracovního vodiče se nazývají jednopólové, ochrany pro ochranu všech pracovních vodičů jsou dvoupólové či čtyřpólové a to v jednofázové či třífázové elektroinstalaci. To bývá zejména v těch rozváděčích, kde jsou instalovány další elektronické regulátory či jiné finančně nákladné elektronické přístroje též vyžadující ochranu proti nežádoucím vlivům přepětí. V případech, kdy je v rozváděči instalována současně ochrana 2. a 3. stupně, musí být respektovány instalační instrukce dané výrobcem. [4]

3.5 Stykač

Stykače se užívají v případech, kdy je nutné nepřímé spínání spotřebičů, mnohdy na bázi časového programu nebo při ovládání spotřebiče v jiném, než ovládacím obvodu. Stykačem je nazýván spínací přístroj obsahující elektromagnetický ovládací obvod, spojený spínacími nebo rozpínacími kontakty. Obvykle se využívají k řízení elektrických zásobníků, obvodů určených k elektrickému vytápění nebo více energeticky náročných spotřebičů. Mnohdy jsou užívány pro ohřev vody. Ve většině případů je ke spínání využito signálu hromadného dálkového ovládání (HDO). V bytových a domovních elektroinstalacích se využívají pouze instalační stykače. Jsou to bezhlučné stykače, které jsou opatřeny stejnosměrným elektromagnetem eventuálně pro střídavé napájení usměrňovačem. [4]



Obr. 3.7 Stykač se čtyřmi spínacími kontakty [7]

3.6 Spínací přístroje

Spínací přístroje jsou určeny pro spínání spotřebičů a osvětlení, ale také pro řízení provozních stavů různých spotřebičů a zařízení. Zpravidla funkce spínačů spočívá v zapínání a vypínání jmenovitého proudu řízeného spotřebiče. Spínačem je nazýván klasický elektromechanický vypínač či přepínač, ale i komplikovanější zařízení obsahující řídicí elektronický obvod. Spínání je prováděno pomocí elektromechanického kontaktu nebo výkonového polovodičového prvku (nejčastěji triaku). To jaký bude zvolen počet spínacích přístrojů, záleží na počtu vytvořených světelných obvodů, ale také na množství ovládacích míst.

Spínací přístroje, u nichž je nejčastěji jmenovitý proud 10 A, jsou obvykle instalovány v domovních elektroinstalacích (jmenovité napětí 230 V). Je nutné dodržet, aby jmenovitý proud použitého přístroje byl minimálně stejný s navrhovaným jističem.



Obr. 3.8 Elektromechanický spínač (vlevo) a polovodičový spínač [7]

V případech, kdy je spínací přístroj užíván na menší jmenovitý proud, než dovoluje daný jistič, musí samotný spínač obsahovat nadproudovou ochranu (např. tavnou pojistku). Toto bývá obvyklé u stmívačů, kde je nutné hlídat, aby zátěž nepřesáhla maximální přípustné zatížení daného přístroje. [4] [6]

Elektromechanický spínač

Tento klasický elektromechanický spínač je používán zejména pro spínání osvětlení a případně spínání či ovládání jiných spotřebičů. Z hlediska dostupnosti jsou obvykle spínače osvětlení umístěny v blízkosti vstupních dveří. Spínače jsou rozlišovány dle způsobu spínání a to na vypínače, přepínače a tlačítkové ovladače. U vypínačů jsou pouze dvě krajní polohy, tedy zapnuto (O) a vypnuto (I). Existují jednopólové, dvoupólové, třípólové nebo čtyřpólové spínače, což závisí na tom, kolik pólů je současně spínáno. Řazení spínačů je provedeno pomocí číselného kódu. Například číslo řazení 1, klasifikuje jednopólový vypínač řídící svítidlo pouze z jednoho místa. Lustrový přepínač s číslem řazení 5 řídí dvě svítidla z jednoho místa. Pomocí schodišťového neboli střídavého přepínače s řazením 6 lze provádět střídavé spínání svítidel či skupiny svítidel a to ze dvou míst. V případě, kdy je nutné spínání osvětlení z více než dvou míst, lze použít křížový přepínač s řazením 7, který je instalován přímo mezi dva střídavé spínače. Dále dle způsobu spínání jsou rozlišovány tlačítkové ovladače, pomocí kterých lze ovládat různé elektrické přístroje jako stykače, impulzní relé či schodišťové automaty. Mechanismy spínání tlačítkových ovladačů fungují na principu vratných pružin, kdy vznikají spínací impulzy trvající jen po dobu stisknutí ovladače. Na základě provedení kontaktů jsou klasifikovány v řazení 1/0 jako zapínací kontakty, 0/1 vypínací kontakty či 6/0 přepínací kontakty. [4] [6]

Termostat

Mezi klasické elektromechanické spínače jsou řazeny i termostaty, jejichž spínací mechanismus je tvořen bimetalovými plechy, s odlišnou tepelnou roztažností, navrženou tak, aby s ní propojený kontakt při nastavení teploty přepnul z jedné polohy do druhé. Tento typ spínačů je užíván pro kotle ústředního topení, oběhových čerpadel či podlahových topení. Termostaty slouží k regulování teploty, čímž zaručují tepelné pohodlí v daném objektu. Jedná se o elektronické spínače, jejichž mechanismus funguje na základě měnící se teploty. Z důvodu přesného nastavení teploty se v dnešní době používají především elektronické regulátory. Výhodou těchto regulátorů je, že lze nastavit více teplotních úrovní či naprogramovat topné režimy v závislosti na čase, čímž je následně vytvořena úspora tepelné energie. Pro menší objekty postačuje jeden programovatelný termostat s týdenním režimem programování.



Obr. 3.9 Programovatelný elektronický termostat s časovačem [7]

Další výhodou je, že v případě delší nepřítomnosti (dovolené) lze termostat nastavit na úsporný režim. To lze jednoduše provést i pomocí mobilní aplikace a připojení zařízení k síti Wi-Fi. V přístroji je zabudováno výkonové spínací relé a pomocí něj jsou přenášeny vysokofrekvenční signály k přijímači. Pro získání, co největší možné úspory tepelné energie je ideálním řešením instalace několika prostorových termostatů, které nebudou na sebe teplotně závislé. Největší úspora tepelné energie je dosažena v případě využití individuálního časového programu pro danou místnost. Toto umožňují termostaty v kombinaci s elektronickými, časově programovatelnými spínači, kdy je možné nastavit minimálně dvě různé teploty. Jedna teplota je nastavena na režim určený pro pobyt v objektu a druhá pro vytápění v úsporném režimu. [4] [6]

Časový spínač

Pomocí těchto spínačů, v nichž jsou zabudovány kontakty a mechanický či pneumatický zpožďovací prvek, lze například ovládat chod ventilátorů v určitém časovém intervalu. K samotnému zpožďovacímu prvku lze pak připojit vhodné tlačítkové ovladače. Užívání ventilátorů či určitých světelných obvodů (především na schodištích či chodbách) je časově omezené. Z hlediska úspory elektrické energie nelze pokaždé spoléhat na manuální vypnutí, jako tomu je například v koupelnách či na WC, kde je nutný chod ventilátoru ještě několik minut po odchodu z místnosti. Z těchto důvodů jsou používány časově zpožděné spínače, které jsou mnohdy označovány schodišťovými automaty. Pomocí zpožďovacích obvodů je možné regulovat časové zpoždění, které se může pohybovat od řádu několika sekund až po několik desítek minut. Mezi spínače jenž jsou provozovány jen v omezeném čase lze začlenit i spínače obsahující snímač pohybu. Tento typ spínačů lze užívat v kombinaci se stmívači, přičemž pak nedochází k okamžitému vypnutí osvětlení, ale postupnému stmívání trvajícimu například 5 s. Funkce výše uvedených spínačů spočívá v zapínacím impulzu vyvolaném pomocí manuálně ovládaného tlačítka či impulzem pohybového snímače, přičemž to vůbec nezáleží na reálném čase.

V případech, kdy je nutný provoz spotřebičů v určitou denní dobu, jako například při regulaci chodu žaluzií či jiné části objektu, jež je také elektronicky řízena, je potřeba použít programovatelné spínače. Stejně tak jako tomu je u programovatelných termostatů, tak programování těchto přístrojů probíhá v reálném čase, s možností denního, týdenního či ročního programování. Spínání u těchto přístrojů je prováděno dle předem nastaveného časového programu. [4] [6]



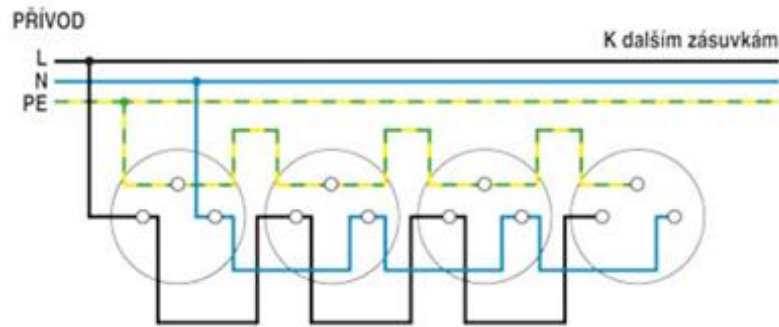
Obr. 3.10 Časový spínač se zpožďovacím prvkem (vlevo) a snímač pohybu [7]

3.7 Silové zásuvky

Tyto zásuvky jsou nejčastěji používaným typem zásuvek v elektroinstalacích, což především vychází z praktických požadavků. To souvisí s bezproblémovým spojením veškerých běžně užívaných elektrických zařízení a předmětů. Jedná se o běžně užívané domácí spotřebiče, svítidla, spotřební elektroniku či ruční elektrické nářadí.

Zapojení zásuvek

Správné připojení pro dané zásuvky je znázorněno níže na obrázku 3.10. Musí být provedeno odbočení, jež vychází z vedení konkrétního zásuvkového obvodu vždy ke skupině zásuvek umístěných ve společném rámečku a jejich následné vzájemné propojení. Výhodou sériového zapojení je užití menšího množství svorek, kvůli kterým mohou při špatném dotažení šroubů vznikat přechodové odpory či jiné nežádoucí poruchy. Tomu lze zamezit použitím bezšroubových svorek, kde montáž není ovlivněna člověkem. Důvodem je také vyšší spolehlivost celého zásuvkového obvodu. [4] [6]



Obr. 3.11 Zapojení zásuvek ve vícenásobné kombinaci [6]

Silové zásuvky s přepět'ovou ochranou

Tyto zásuvky lze rozeznat od běžných domovních zásuvek tím, že v krytu zásuvky je zasazena signalizační červená dioda (LED). Je-li vše v pořádku, tak dioda nesvítí. Pokud dojde k poruše přepět'ové ochrany, dioda se rozsvítí, čímž je nutné následně provést její opravu nebo výměnu. [4] [6]



Obr. 3.12 Zásuvka s vestavěnou přepět'ovou ochranou (vlevo) a vestavná přepět'ová ochrana [10]

3.8 Sdělovací zásuvky

Sdělovací zásuvky jsou užívány pro přenos signálů, zpravidla malých energetických úrovní, které jsou v připojených zařízeních dále zpracovány, nejčastěji s pomocí dodávky elektrické energie pomocí dalšího přívodu, ze silového připojení.

Zásuvky telefonní a pro počítačové sítě

K telefonním účelům se užívá čtyřpólových či šestipólových vidlic, jelikož zásuvky jsou zpravidla v šestipólovém provedení. Pro připojení počítačů k informační síti se užívají osmipólové zásuvky nebo zásuvky jiné kategorie jako například koaxiální. Telefonní zásuvky sloužící ke spojení telefonů v analogových či digitálních sítích ISDN a počítačové zásuvky se od sebe odlišují nejen počtem pólů, ale především přenosovými parametry. Jelikož na první pohled je těžké rozpoznání zásuvek, bylo proto zavedeno členění zásuvek do uvedených kategorií v závislosti na přenosových parametrech. Pro analogové telefonní sítě dostačují

zásuvky kategorie 3, ale pro počítačové sítě jsou potřebné zásuvky patřící minimálně do kategorie 5. [4] [6]



Obr. 3.13 Telefonní zásuvka (vlevo) a anténní zásuvka [7]

V dnešní době jsou velmi atraktivní tzv. stavebnicové montážní celky, pomocí kterých lze implementovat jeden až tři sdělovací zásuvkové moduly do samotného přístroje, navrženého pro společné zasazení do vícenásobných rámečků. [6]

Anténní zásuvky

Tento druh zásuvek je využíván především v souvislosti se společnými televizními anténami. Jsou aplikovány jako průběžné nebo koncové prvky, což je potřeba pro anténní rozvody kabelové televize a rovněž i pro rozvody vysokofrekvenčních signálů do jednotlivých místností bytu. Přivedení do anténní zásuvky je obvykle provedeno koaxiálním neboli souosým kabelem. Zásuvka je vybavena pásmovými filtry a vstupními konektory, jež jsou uzpůsobeny pro spojení s televizorem a rozhlasovým přijímačem. V jiném případě mohou být vybaveny konektorem, určeným pro spojení se satelitním přijímačem. Paprskové anténní rozvody jsou komfortnějším řešením pro užívání satelitních přijímačů. V tomto případě se jedná o koncové provedení zásuvek, jelikož jsou určeny pro instalaci na konec vedení. [4] [6]

3.9 Elektrická požární signalizace (EPS)

Za pomoci užití proudových chráničů, u nichž je jmenovitá hodnota vybavovacího chybového proudu 300 mA, dochází k eliminaci rizika vzniku požáru způsobeného závadou na elektroinstalaci. Pokud jsou instalována elektrická a elektronická zařízení, je následně vytvořen signalizační systém, který dokáže zaznamenat počátek vzniku požáru a poskytnout o něm potřebnou informaci. Díky tomuto systému lze zamezit vysokým škodám způsobených požárem. Pokud se jedná o prostorově větší objekty, je možné instalovat signalizační systém,

jenž je propojen se zařízením, které automaticky spustí hašení požáru vodou. Ve většině bytových objektů je však dostatečný detektor kouře (podání hlášení hasičům, telefonické hlášení či akustická a optická signalizace). [4]

3.9.1 Manuální - tlačítkový požární hlásič

Jsou to zařízení, která vyhlásí poplach osobou, která zaznamenala požár nebo jiný jev ohrožující život. Tlačítkové požární hlásiče jsou vybaveny mikrospínačem a zakončovacím rezistorem nebo elektronikou, přičemž záleží na tom, zda jde o tlačítkový hlásič, který je určen do systému neadresného či adresného. Tyto hlásiče mají vždy červenou barvu. Hlásiče musí být provedeny tak, aby nebyly samovolně nebo náhodně aktivovány a aby bylo zjistitelné, který z instalovaných hlásičů poplach vyhlásil. To je nejčastěji provedeno pomocí naříznutého sklíčka, chráněného transparentní fólií. Pro aktivaci hlásiče je nutné sklíčko rozbít. Instalace těchto hlásičů bývá prováděna zpravidla v oblasti únikových prostor nebo do míst se stálou obsluhou (vrátnice, strojovny), ale též do míst, kde je nepřetržitý pohyb osob (dílny, chodby). Tento typ hlásiče se používá nejčastěji v bytových domech nebo komerčních objektech, u rodinných domů se nejedná o obvyklou záležitost. [11]

3.9.2 Automatický požární hlásič

Samočinné požární hlásiče jsou zařízení, které neustále kontrolují určitý chemický či fyzikální jev a pomocí vedení postupují hlášení do požární ústředny. Jsou-li zaznamenány jevy související s požárem, jako například plameny, dým, zvýšení teploty případně vzájemná kombinace, dojde k aktivaci hlásiče. Hlásiče se instalují do míst, která jsou stanovena normami, předpisy výrobce a montážními pokyny. Nejčastěji jsou instalovány bodové hlásiče, které se zpravidla umísťují na strop nebo v dané blízkosti pod ním. Samotný hlásič je montován do patice, jež je přichycena na strop a vodiči propojena s ústřednou EPS, nebo může mít i lokální zdroj, kdy je hlásič napájen z baterií a není do ústředny EZS připojen (má v sobě zabudovanou signalizaci poplachu). Výběr vhodného typu hlásiče záleží zejména na teplotě, proudění vzduchu či jiných možných příčinách souvisejících se vznikem požáru. Oblast, kterou hlásič pokryje je do jisté míry omezená, tudíž u větších prostorů je nutné použít větší počet hlásičů, aby byly splněny dané požadavky. V současnosti se nejčastěji užívají bateriové hlásiče, které jsou vybaveny vestavěnou baterií představující autonomní zdroj energie. [4][11]



Obr. 3.14 Detektor kouře [7]

Teplotní hlásič

V souvislosti s každým vznikem požáru dochází k nárůstu teploty okolí. Toto riziko lze eliminovat pomocí instalace teplotního požárního detektoru. Dojde-li k překročení určité hranice teploty, pošle ústředně EPS potřebný elektrický signál. Teplotní hlásiče jsou navrhovány dle normy ČSN EN 54-5 ed. 2 pro různé teploty, jako například 60, 75, 90, 100°C, apod. Při volbě detektoru je nutné správně zvolit aktivační teplotu. V případě zvolení nízké prahové teploty hrozí, že budou vyvolávány plané poplachu. V opačném případě, je-li prahová hodnota příliš vysoká, dochází k oznámení poplachu příliš pozdě, tedy když už je požár rozsáhlý. Pro tyto případy existují takzvané diferenciální hlásiče teploty, které reagují na rychlost změny teploty. Tento typ detektoru má v sobě zabudované dva totožné termistory, přičemž jeden je umístěn na vnější straně hlásiče a druhý uvnitř. Princip funkce tohoto detektoru spočívá v tom, že pokud dojde k nárůstu teploty, zareaguje první (vnější) termistor. Druhý (vnitřní) termistor zareaguje na změnu teploty kvůli tepelné setrvačnosti až s určitým zpožděním. Důsledkem tohoto působení dojde k nerovnoměrnému průběhu elektrického proudu oběma termistory. V případě překročení dané hranice nerovnoměrnosti dojde k vyvolání poplachu. [11]

Ionizační hlásič

Ionizační hlásič reaguje na plyny a kouř na bázi uhlíku, které se uvolňují při požáru do atmosféry. Hlásič obsahuje dvě komory, otevřenou vnější a polouzavřenou vnitřní referenční komoru. Uvnitř komory je fólie s radioaktivním americiem 241, přičemž skrze fólii protéká elektrický proud. Pokud se do komory dostane kouř, změní se hodnota elektrického proudu ve vnější komoře a tím následně dojde k nárůstu elektrického napětí mezi komorami. Princip funkce spočívá v porovnávání rozdílu napětí mezi komorami, a pokud napětí přesáhne danou mez, zařízení postoupí informaci o poplachu ústředně EPS. Jedná se o citlivé zařízení, které je schopno rychle reagovat na velmi malé (okem nepozorovatelné) koncentrace ionizovaných částic v atmosféře. Výhodou hlásiče tohoto typu je snadná výroba a s tím

spojené nižší pořizovací náklady. V opačném případě, nevýhodou je, že detektory obsahují radioaktivní materiál a s tím souvisí jeho skladování a likvidace. [11]

Optický hlásič

Optický hlásič funguje na základě optické vazby mezi pulzující infra LED diodou a fotodiodou. Obě diody se nachází naproti sobě, v komoře, do níž nemůže proniknout žádné světlo z jiného zdroje, ale jen kouř. Při vniku kouře do komory dojde k zmenšení intenzity infra paprsku, který je vyzařován LED diodou a na to zareaguje fotodioda. Pokud fotodioda zaregistruje kouř u dvou po sobě následujících pulsů, tak hlásič okamžitě předá poplachovou informaci. V současnosti se často používají hlásiče, u nichž je infra paprsek vyzařován LED diodou a nedopadá přímo na fotodiodu. V případě vniku kouře do komory, dojde k odrazu jeho částic a následnému zachycení fotodiodou, v níž se zvýší procházející elektrický proud. Elektronické obvody detektoru kouře zpracují tuto elektrickou změnu a následně ji vyhodnotí a postoupí jako poplachovou informaci ústředně EPS. [11]

Tlakový hlásič

Tlakový hlásič je tvořen z vyhodnocovací jednotky a snímací trubice. Kompresor, který je součástí vyhodnocovací jednotky generuje v pravidelných časových intervalech přesně stanovený přetlak uvnitř snímací trubice. Dojde-li k nárůstu okolní teploty, způsobí to změnu tlaku vzduchu a následné vyvolání poplachu. Tento typ hlásiče je nejčastěji užíván k ochraně určitých zařízení, jako například elektrických rozváděčů.

Mezi další principy funkce automatických požárních hlásičů patří:

- odporový hlásič
- kombinovaný (multisenzorový) hlásič. [11]

4 Návrh solárních panelů pro ohřev TUV, návrh tepelného čerpadla pro vytápění a jejich míra úspory energie

V této kapitole se zabývám návrhem solárních kolektorů pro ohřev teplé užitkové vody. Návrh objektu bude vytvořen pro tříčlennou rodinu, který se nachází v České republice v okolí města Prahy. Zařízení bude užíváno pro sezonní provoz, s tím, že by mělo pokrýt ohřev teplé užitkové vody v období od dubna do září. Dále se budu zabývat návrhem a výpočtem potřebné plochy kolektorů, vhodným výběrem panelů, zásobníku a potřebného příslušenství. Následně se zabývám návrhem tepelného čerpadla sloužícího k vytápění objektu.

4.1 Solární kolektory

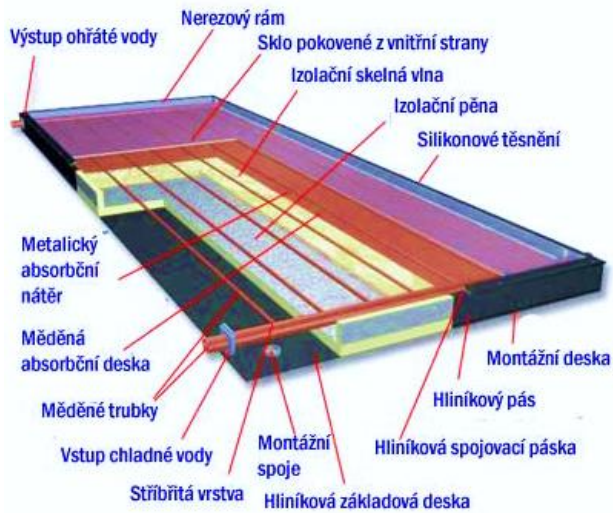
Hlavní funkcí kolektorů je zachycování sluneční energie a její přeměna na teplo, čímž dochází k ohřevu teplotnosné tekutiny. Kolektory jsou vždy umístěny vně, aby mohlo docházet k zachycování energie slunečního záření. Životnost kolektorů souvisí s tím, že jsou vystavovány okolním vlivům a proměnlivému počasí, ale samozřejmě také, jak jsou konstruovány, montovány či následně udržovány. S příchodem nových technologií jsou na kolektory kladeny poměrně vysoké nároky. Kolektory by měly být účinné, spolehlivé a s dostatečně dlouhou dobou životností. [12]

4.1.1 Plochý deskový solární kolektor

Jedná se o nejčastěji využívaný typ solárního kolektoru v České republice určeného pro ohřev teplé užitkové vody. Je dimenzován pro celoroční provoz.

Základním prvkem je absorbér, kterým zpravidla bývá deska, na jejímž povrchu jsou připevněny trubice určené k odvedení ohřáté vody. Umístěním absorbéro do zakryté skříně s jednou prosklenou přepážkou je vytvořen sluneční kolektor fungující na principu skleníkového efektu. Absorpční plocha má stejnou velikost jako čelní plocha skrze ni prostupují sluneční paprsky. Zasklení je provedeno pomocí solárního, velmi tvrdého prizmatického skla, jehož tloušťka dosahuje až 4 mm, čímž se zvyšuje jeho celková odolnost. Toto sklo zvyšuje odolnost vůči nepříznivým podmínkám (např. krupobití, mráz, vítr) a zamezuje poškození kolektoru před lehkými nárazy. Má vysokou propustnost a je navrženo

tak, aby co nejvíce zabránilo odrazu (tzn. je opatřeno selektivní vrstvou). Na obr. 4.1 je znázorněno konstrukční provedení plochého deskového kolektoru. [19] [20] [21]



Obr. 4.1 Schéma plochého deskového solárního kolektoru [20]

Výhodou plochého deskového kolektoru je, že může pracovat celoročně. To platí ovšem za předpokladu použití nemrzoucí směsi. V zimě stačí jen trocha sluneční energie proto, aby došlo k rozehrátí námrazy či sněhu a následnému obnovení činnosti kolektoru. Další výhodou deskového solárního kolektoru je ochrana solárního okruhu při přehřátí zařízení. Princip spočívá v krátkodobém odvedení tepla do solárního zásobníku a jeho uložení pro další využití. Také při použití regulace deskových solárních panelů je možné v zimních měsících rozehrát sníh či námrazu a následně tak obnovit jejich činnost pro přeměnu získané sluneční energie na energii tepelnou. Mezi klady tohoto typu kolektoru patří i nižší pořizovací náklady ve srovnání s ostatními kolektory, dlouhodobá historie výroby, která je úsporná a příznivý poměr ceny a výkonu.

Naopak nevýhodou kolektoru tohoto typu je nižší účinnost při difuzním záření, tj. pokud je zataženo. [20] [21] [22]

4.1.2 Trubicový vakuový solární kolektor heat-pipe

Základ tohoto typu kapalného solárního kolektoru je utvořen ze systému dvojitých trubek jimiž proudí kapalně médium sloužící k ohřívání. V prostoru mezi oběma přepážkami trubek je vakuum, které pracuje jako výborný izolant a zabraňuje úniku tepla do atmosféry. Na základě působícího slunečního záření je kapalná látka přetvořena na páru, jenž vstupuje do kondenzátoru a následně ohřívá teplonosnou vodu v soustavě. Následně dochází

k ochlazení páry, v jejímž důsledku dojde k opětovnému zkvapnění média, které je následně vráceno zpět do vakuové trubice, čímž je opět připraveno pro následující ohřev. [23]



Obr. 4.2 Schéma trubicového solárního kolektoru heat-pipe [20]

Výhodou trubicového vakuového kolektoru je, že teplotonosná tekutina je nemrznoucí a proto nehrozí, že by kolektory v zimním období zamrzaly. Kolektor má uvnitř zabudovanou hydrauliku, díky které se zvládne odpojit z chodu a to v případě, že dojde k přehřátí teplotonosné tekutiny, následně tak nedochází ke spotřebě nadbytečné tepelné energie. Předností tohoto typu kolektoru oproti plochému deskovému kolektoru je, že do systému dodává více tepelné energie v ranních i večerních hodinách, ale i v zimních měsících, kdy je větší oblačnost (případně více difuzního záření). Proto platí, že jeho výkon bývá více stabilní. Může nastat to, že dojde k defektu kolektoru kupříkladu vlivem cizího zavinění či krupobití, ale tím nedojde k netěsnosti či ztrátě kapaliny ze soustavy. Pokud však toto nastane, stačí jen poničenou vakuovou trubici vyjmout a vložit novou, není tak nutné provádět odvzdušnění systému nebo výměnu kolektoru.

Nevýhody jsou vyšší pořizovací náklady a v období slunečního záření (za jasné oblohy) je účinnost o trochu menší než u plochého deskového kolektoru. [23]

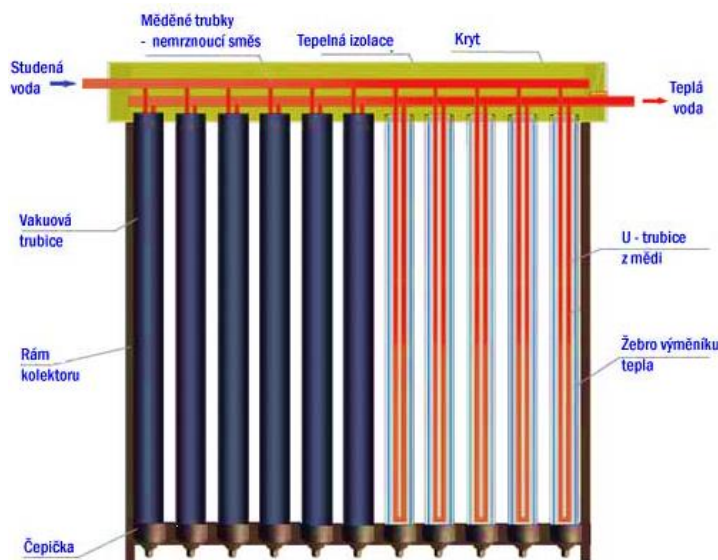
4.1.3 Trubicový vakuový solární kolektor U-pipe

Trubicový vakuový solární kolektor typu U-pipe pracuje na obdobném principu jako předešlý heat-pipe. Hlavním rozdílem je, že skleněné potrubí je vytvořeno z jednostěnných trubic ve kterých je obsaženo kapalně médium určené k ohřívání.

Výhodou oproti uvedeným solárním panelům je stabilní výkon, který není ovlivněn stárnutím či opomenutím údržby zařízení. Další výhodou stejně jako u systémů s heat-pipe

je, že hlavní okruh s nemrznoucí kapalinou není sjednocen s druhým okruhem, obsahujícím vodu. Pokud dojde k jeho poškození, není zde riziko netěsnosti či ztráty kapaliny ze soustavy.

Jako nevýhodu tohoto typu kolektoru lze uvést, že výroba skleněných trubice není možná pomocí procesu kalení, tak jako tomu je u plochých deskových panelů, což má za následek, že skleněné trubice jsou poměrně křehké. [20]



Obr. 4.3 Schéma trubcového solárního kolektoru U-pipe [20]

4.2 Základní příklady výpočtu kolektorů

Výpočet slunečních systémů je uváděn dvěma případy. Prvním je výpočet konkrétní spotřeby tepla, přičemž se počítá plocha kolektorů, jež absorbuje potřebnou energii. V druhém případě je pro danou plochu kolektorů a pro určité období vytvořena tepelná bilance. V tomto případě se bude jednat o období několika za sebou následujících měsíců. Na základě těchto údajů se určí, kterou část z celkové spotřeby tepla je možno přijmout z energie slunečního záření a naopak kterou část je potřeba realizovat pomocí jiného zdroje. [12]

4.2.1 Výpočet plochy kolektorů a stanovení tepelné bilance

Aby bylo možné vypočítat přesnou plochu kolektorů, je potřeba přesně určit kolik vody spotřebuje jeden člen rodiny za den. Hodnota, jež uvádí nejvyšší spotřebu vody pro objekty určené k luxusnímu bydlení na den a jednoho obyvatele je stanovena na základě normy ČSN EN 12831-3 a je uvedena v tabulce 4.1.

Typ budovy	Litry teplé vody na osobu a den
objekty pro bydlení (prosté bydlení)	25 - 60
objekty pro bydlení (luxusní bydlení)	60 - 100
jednotlivé bytové jednotky	40 - 70
bytové domy	25 - 30

Tab. 4.1 Hodnoty pro výpočet požadavků na teplou vodu za den [31]

Jak již bylo uvedeno, zařízení bude koncipováno pro tříčlennou rodinu. Na základě normy bude uvažován systém, který bude ohřívat 200 litrů (stanoveno z tab. 4.1) vody tj. 0,2 m³ za den a bude počítáno, že vstupní teplota vody je 10°C a bude ohřívána na konečnou teplotu 50°C.

Teplná energie pro ohřátí užitkové vody lze vypočítat z následujícího vztahu:

$$Q_{\text{spotř}} = c_w \rho_w V (t_2 - t_1) \text{ (J)} \quad (3.1)$$

kde

$c_v = 4200 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ je měrná tepelná kapacita vody,

ρ_v - hustota vody při střední teplotě $t = 0,5 (t_1 - t_2) = 30^\circ\text{C}$, $\rho_w = 995,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,

V - objem vody (m³),

t_1 - vstupí teplota (°C),

t_2 - výstupní teplota (°C).

$$Q_{\text{spotř}} = 4200 \cdot 995,6 \cdot 0,2 (50 - 10) = 33,45 \cdot 10^6 \text{ J} = 9292 \text{ W} \cdot \text{h} = 9,29 \text{ kW} \cdot \text{h}.$$

V následném výpočtu budou zahrnuty okrajové měsíce, v nichž jsou sluneční podmínky nejnejpříznivější. Konkrétně budou uvažovány měsíce duben a září. Hodnoty teoreticky možné dopadající energie budou vycházet z tabulky 4.2, přičemž plocha kolektorů bude nasměrována na jih a nakloněna pod úhlem $\alpha = 30^\circ$: [12]

$$Q_{s \text{ den teor}} = 7,98 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2} \text{ pro měsíc duben,}$$

$$Q_{s \text{ den teor}} = 6,44 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2} \text{ pro měsíc září.}$$

Úhel sklonu osluněné plochy α	Teoreticky možná energie dopadající za den na plochu v jednotlivých měsících $Q_{s \text{ den teor}} \text{ (kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}\text{)}$ Platí pro 50° severní šířky a součinitel znečištění atmosféry $Z = 3$						
	XII.	I. XI.	II. X.	III. IX.	IV. VIII.	V. VII.	VI.
Azimutový úhel osluněné plochy $a_s = \pm 0^\circ$ (orientace na jih)							
0°	1,09	1,55	2,74	4,93	6,73	8,38	9,16
15°	1,78	2,30	3,75	5,82	7,50	9,12	9,76
30°	2,35	2,96	4,48	6,44	7,98	9,56	9,98
45°	2,70	3,40	4,96	6,70	8,06	9,42	9,64
60°	3,00	3,71	5,26	6,54	7,41	8,09	8,48
75°	3,08	3,90	5,32	6,24	6,44	6,44	6,44
90°	3,11	3,96	5,00	5,56	5,19	4,49	4,31

Tab. 4.2 Teoretická možná energie dopadající na plochu [12]

Pro každou lokalitu je odlišná poměrná doba slunečního svitu. V níže uvedené tabulce je uvedena doba pro Prahu.

Poměrná doba slunečního svitu $\bar{\tau} = \tau_{\text{skut}}/\tau_{\text{teor}}$ pro Prahu												
Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Praha	0,21	0,32	0,42	0,45	0,51	0,54	0,55	0,55	0,53	0,37	0,21	0,14

Tab. 4.3 Poměrná doba slunečního svitu pro Prahu [12]

V letních měsících je poměrná doba slunečního svitu τ_{pom} několikanásobně delší než v zimních měsících. To souvisí především i s tím, že v letním období se zmenšuje oblačnost. Poměrná doba je poměrem skutečné doby slunečního svitu a doby teoretické. Například pro Prahu činí poměrná doba slunečního svitu od května do září 240 – 270 hodin za měsíc, což je v průměru 8 až 9 hodin za den. [12]

Podle již uvedené tabulky 4.3 je poměrná doba slunečního svitu pro Prahu:

$$\tau_{\text{pom}} = 0,45 \text{ v dubnu,}$$

$$\tau_{\text{pom}} = 0,53 \text{ v září.}$$

Jestliže jsou k dispozici hodnoty poměrné doby slunečního svitu, lze následně sestavit rovnici, pomocí které se vypočte skutečná energie, jež dopadá na plochu. [12]

$$Q_{S \text{ den}} = \tau_{\text{pom}} \cdot Q_{\text{den teor}} \text{ (kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}\text{)},$$

$$Q_{S \text{ den}} = 0,45 \cdot 7,98 = 3,59 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2} \text{ pro duben,}$$

$$Q_{S \text{ den}} = 0,53 \cdot 6,44 = 3,41 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2} \text{ pro září.}$$

Dále je potřeba znát pro danou lokalitu hodnotu střední teploty vzduchu v období slunečního svitu. V tabulce 4.4 jsou uvedeny hodnoty pro Prahu.

Místo	Střední teplota v době slunečního svitu t_v v jednotlivých měsících (°C)											
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Praha	2,2	3,4	6,5	12,1	16,6	20,6	22,5	22,6	19,4	13,8	7,3	3,5

Tab. 4.4 Střední teplota v době slunečního svitu pro Prahu [12]

$$t_v = 12,1 \text{ °C v dubnu,}$$

$$t_v = 19,4 \text{ °C v září}$$

a dle tabulky 4.5 je uvedena hodnota střední intenzity záření $I_{\text{stř}} (= q_S)$ na plochu, která bude nasměrována na jih a nakloněna pod úhlem $\alpha = 30^\circ$. [12]

Úhel sklonu osluňené plochy α	Střední intenzita slunečního záření $I_{\text{stř}} \text{ (W} \cdot \text{m}^{-2}\text{) v jednotlivých měsících}$ Platí pro 50° severní šířky a součinitel znečištění atmosféry $Z = 3$						
	XII.	I. XI.	II. X.	III. IX.	IV. VIII.	V. VII.	VI.
Azimutový úhel osluňené plochy $a_s = \pm 0^\circ$ (orientace na jih)							
0°	139	188	271	411	484	534	561
15°	227	278	371	485	540	581	597
30°	299	358	443	537	574	609	611
45°	344	412	490	558	580	600	590
60°	382	449	520	545	533	515	519
75°	392	472	526	520	463	410	394
90°	396	479	494	463	373	286	264

Tab. 4.5 Střední intenzita slunečního záření [12]

$$I_{\text{stř}} = 574 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{ v dubnu,}$$

$$I_{\text{stř}} = 537 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{ v září.}$$

Dalším krokem je výpočet účinnosti kolektoru pro dané období. Účinnost kolektoru závisí zejména na okolní teplotě a světelném toku, jež se mění v závislosti na období. Pro výpočet účinnosti kolektoru musí být stanoven součinitel prostupu tepla a množství krycích skel. Účinnost kolektoru je dána následujícím vztahem [12]:

$$\eta_A = (1 - r) - k \frac{t_2 - t_v}{I_{\text{stř}}} \quad (3.3)$$

kde

r – proměnná reflexní schopnost (-),

k – součinitel prostupu tepla (-),

t_2 – výstupní teplota (°C),

t_1 – průměrná teplota vzduchu (°C),

$I_{\text{stř}}$ – střední intenzita záření ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$),

a po následném dosazení hodnot do rovnice lze provést výpočet účinnosti pro dané měsíce [12]:

$$\eta_A = 0,85 - 6 \frac{50-12,1}{574} = 0,45 \text{ pro duben,}$$

$$\eta_A = 0,85 - 6 \frac{50-19,4}{537} = 0,51 \text{ pro září.}$$

Na základě hodnot vypočtené účinnosti je možné zjistit množství energie zachycené plochou na 1 m^2 za den, přičemž je uvažována průměrná oblačnost.

$$Q_{A \text{ den}} = \eta_A \cdot Q_{\text{den}} (\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}), \quad (3.4)$$

$$Q_{A \text{ den}} = 0,45 \cdot 3,59 = 1,62 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2} \text{ po duben,}$$

$$Q_{A \text{ den}} = 0,51 \cdot 3,41 = 1,74 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2} \text{ pro září.}$$

Nejméně příznivé sluneční a klimatické podmínky jsou v dubnu, proto je nezbytné vypočítat plochu kolektorů pro uvedený měsíc, za předpokladu, že tepelné ztráty zásobníku a rozvodného potrubí činí přibližně 10% z celkové spotřeby tepla (tzv. přírážka na ztráty $p = 0,1$). [12]

$$S_A = \frac{(1+p) Q_{spotř}}{Q_{A \text{ den}}} (\text{m}^2), \quad (3.5)$$

$$S_A = \frac{(1+0,1) 9,29}{1,62} = 6,3 \text{ m}^2.$$

Na základě provedených výpočtů bylo stanoveno, že celková potřebná plocha kolektorů navrhovaného zařízení musí být 6,3 m² a více. Zařízení bude užíváno tříčlennou rodinou od dubna do září (všechny hodnoty jsou znázorněny v tabulce 4.6.).

Vypočtená plocha navrhovaného zařízení je dostatečná ve výše uvedených měsících. Mimo toto období (říjen – březen) je potřeba doplnit systém sekundárním zdrojem tepla k ohřevu teplé užitkové vody. Toto vše děláme z důvodu, že v zimních měsících je více oblačnosti. Pro ohřev by byla potřeba daleko větší plochy kolektorů, která je finančně nákladná a navíc by v letních měsících docházelo k nežádoucímu přehřívání systému. [12]

Měsíc	t _v (°C)	t _A – t _v (°C)	I _{stř} (W . m ⁻²)	η _A (-)	Q _{s den teor} (kW . h . m ⁻²)	τ _{pom} (-)	Q _{den} (kW . h . m ⁻²)	Q _{A den} (kW . h . m ⁻²)
IV.	12,1	37,9	574	0,45	7,98	0,45	3,59	1,62
V.	16,6	33,4	609	0,53	9,56	0,51	4,88	2,59
VI.	20,6	29,4	611	0,57	9,98	0,54	5,39	3,07
VII.	22,5	27,5	609	0,58	9,56	0,55	5,26	3,05
VIII.	22,6	27,4	574	0,56	7,98	0,55	4,39	2,46
IX.	19,4	30,6	537	0,51	6,44	0,53	3,41	1,74

Tab. 4.6 Znázornění účinnosti kolektorů a zachycené energie kolektory [12]

Z tabulky 4.7 lze vyvodit, že pouze v dubnu není dostatek energie slunečního záření. Proto může nastat stav, kdy potřebná energie pro ohřátí vody bude vyšší než zachycená energie ze slunečního záření a teplota potřebná k ohřevu 200 litrů vody v zásobníku klesne pod stanovenou hodnotu 50°C. [12]

V ostatních měsících je zachycené energie slunečního záření dostatek a nemůže nastat stav jako v měsíci dubnu, že teplota ohřívání vody poklesne pod hodnotu 50°C.

Měsíc	Pro průměrný den v měsíci		Pro celý měsíc	
	zachycená energie $S_A Q_A \text{ den}$ (kW · h)	rozdíl mezi zachycenou energií a spotřebou tepla ¹⁾ (kW · h)	zachycená energie ²⁾ $nS_A Q_A \text{ den}$ (kW · h)	rozdíl mezi zachycenou energií a spotřebou tepla ¹⁾ (kW · h)
IV.	10,21	-0,01	306,30	-0,30
V.	16,32	6,10	505,92	189,10
VI.	19,34	9,12	580,20	273,60
VII.	19,22	9,00	595,82	279,00
VIII.	15,50	5,28	480,50	163,68
IX.	10,96	0,74	328,80	22,20

Tab. 4.7 Tepelná bilance zařízení [12]

¹⁾ Kladná hodnota rozdílu značí přebytek, naopak záporná hodnota nedostatek energie zachycená kolektory,

²⁾ Vztah představuje zachycenou energii za měsíc, kde n představuje počet dnů v daném měsíci.

4.3 Volba kolektoru

Rozhodnout jaký kolektor je nejvhodnější není tak jednoduché, a to především proto, že každý kolektor svými parametry může vyhovovat pro něco jiného. To, aby bylo možné určit, zda je daný kolektor vhodný, musí být jasně specifikované požadavky, které mají podstatný vliv na jeho účinnost. Musí být známa oblast a období (celoroční či sezónní provoz), ve kterém bude objekt se solárním systémem provozován. V případě sezónního provozu, je nutné specifikovat sekundární zdroj pro ohřev teplé užitkové vody (například topné těleso umístěné uvnitř zásobníku). Dále musí být k dispozici, kolik členů bude daný objekt obývat, aby bylo možné zjistit, jaké množství užitkové vody bude potřeba ohřívat a podle toho zvolit objem solárního zásobníku a absorpční plochu solárních kolektorů.

V tomto případě bude sloužit navrhovaný systém solárních kolektorů k ohřevu teplé užitkové vody pro tříčlennou rodinu a bude užíván pro sezónní provoz, konkrétně od dubna do září, přičemž v ostatních měsících bude ohřívání vody učiněno pomocí topného tělesa umístěného uvnitř solárního zásobníku. Na základě údajů, které jsou uvedeny v tabulce 4.1, je nutné, aby objem solárního zásobníku teplé užitkové vody byl určen minimálně na 200 litrů. Vhodná volba kolektoru bude následně provedena na bázi technických údajů. Budou porovnány dva typy solárních panelů, přičemž bude zohledněna jejich pořizovací cena. Z tabulky 4.2 je známo, že solární kolektory budou nakloněny pod úhlem 30° a budou nasměrovány na jih. Důležitým kritériem, které je též potřeba zohlednit při výběru kolektoru je absorpční plocha kolektoru. V oddílu 4.2.1, který se zabývá samotným výpočtem, byla pro navrhovaný systém vypočtena potřebná absorpční plocha na 6,3 m².

Veškeré potřebné údaje znám z výše provedených výpočtů a proto mohu následně přejít k samotnému výběru solárního kolektoru.

4.3.1 Plochý deskový kolektor Sun Wing T4 Cu 2,5

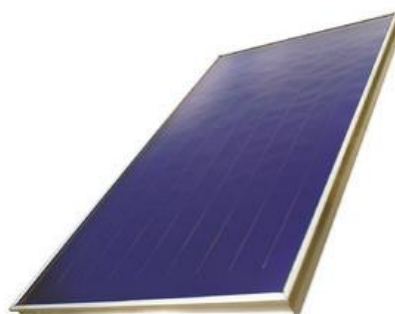
Konstrukční usřádání a princip fungování tohoto typu kolektoru jsou popsány v bodě 4.1.1 a požadavky spojené s volbou kolektoru jsou definovány v bodě 4.3. Jak bylo již uvedeno, potřebná absorpční plocha u navrhovaného objektu je $6,3 \text{ m}^2$, proto bude potřeba třech kusů těchto solárních kolektorů.

Technické údaje

Významným výrobcem solárních kolektorů s dlouholetou tradicí v České republice je společnost TWI. Výše uvedený typ je určen k ohřevu teplé vody. Hydraulika a absorbér jsou vyrobeny z mědi. Zasklení tvoří solární, velmi tvrdé sklo o tloušťce 3,2 mm a plocha kolektoru je schopna zachytit jak přímé tak difuzní záření. Izolace kolektoru je po celém obvodu zabezpečena pomocí materiálu z minerální vaty o tloušťce 40 mm a samotný rám je zhotoven ze slitiny hliníku AW6060, čímž není vystaven rizikům koroze.

Jako výhody kolektoru Sun Wing lze vyzdvihnout jistě jeho vysokou účinnost, která činí 83% a také výkon, který je 1,951 kW. Pořizovací náklady jsou nižší než u většiny typů solárních kolektorů, proto již v krátké době dochází k jejich návratu. Nevyžaduje velký prostor pro montáž. Provedení kolektoru je velmi kvalitní a s tím souvisí i jeho velmi dlouhá životnost, kterou výrobce udává okolo 30 let. [16]

Nevýhodou tohoto typu kolektoru je nižší hodnota energetického zisku v průběhu zimních měsíců. Pro realizaci tohoto systému bude nutné opatřit 3 kusy kolektorů. Zobrazení kolektoru je viditelné na obrázku 4.3 a technické údaje udávané výrobcem v tabulce 4.8. [12]



Obr. 4.4 Plochý deskový kolektor Sun Wing T4 Cu [16]

Sun Wing T4 Cu 2,5		
Kód výrobku pro program Nová zelená úsporám		SVT 7618
Účinnost kolektoru η_0		0,83
Součinitel tepelné ztráty a1	W(m ² * K)	3,80
Součinitel tepelné ztráty a2	W(m ² * K)	0,015
Výkon	W	1951
Kolektorová plocha	m ²	2,50
Plocha absorberu	m ²	2,35
Apertura	m ²	2,35
<i>Rozměry</i>		
- šířka	mm	1092
- výška	mm	2294
Tloušťka	mm	82
Hmotnost	kg	40
Cena výrobku včetně DPH (ks)	Kč	14.036

Tab. 4.8 Technické údaje plochého deskového kolektoru Sun Wing T4Cu 2,5 [16]

4.3.2 Trubicový vakuový kolektor Sunheat TKU-25 (U-pipe)

Tento typ kolektoru je nazýván tzv. jednostěnným trubicovým kolektorem, jelikož vakuové potrubí je provedeno z jednostěnné skleněné trubice. Kvůli odvedení tepelné energie z absorberu, je ve skleněném potrubí vložena lamela, která je připojena na další, měděné potrubí U tvaru. Aby došlo k utěsnění skleněné vakuové trubice a měděného potrubí je použita tzv. metoda zatavení sklo-kov, čímž je dosažena výborná přilnavost skla ke kovu a následně je vakuum udrženo ve skleněné trubici. [18]

Technické údaje

Uvedený kolektor fungující na principu U-pipe je vybaven 25 trubicemi, čímž je schopen ohřát přes 200 litrů vody (potřeba 10 trubic pro 100 litrů vody). Je vhodný k celoročnímu provozu. Vnější absorpční vrstva kolektoru je tvořena Tinoxem a jednostěnné skleněné potrubí je izolováno pomocí vakua.

Výhodou tohoto typu kolektoru je vyšší účinnost především v zimních měsících (kdy sníh snadněji rozmrzá) a to díky oddělené tzv. zrcadlové ploše panelu. Tato oddělená zrcadlová plocha umožňuje absorbování sluneční energie po celý den.

Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady oproti deskovému kolektoru. [18]



Obr. 4.5 Trubicový vakuový kolektor U-pipe [20]

Sunheat TKU-25		
Počet trubic	ks	25
Vnější průměr trubic	mm	47
Délka trubic	mm	1500
Celková plocha kolektoru	m ²	2,49
Účinná délka trubice	mm	1430
Absorpce kolektoru	%	min. 94
Emisivita kolektoru	%	max. 7
Rozměry		
- šířka	mm	1970
- výška	mm	1660
- hloubka	mm	150
Objem kapaliny	l	2,25
Propojovací rozměr	Ø mm	22
Max. provozní tlak	MPa	0,9
Provozní tlak	MPa	0,6
Stagnační teplota	°C	252
Max. provozní teplota	°C	95
Vzdálenost trubic	mm	70
Hmotnost	kg	63,3
Cena výrobku včetně DPH (ks)	Kč	18.900

Tab. 4.9 Technické údaje trubicového vakuového kolektoru Sunheat TKU-25 [18]

4.3.3 Trubicový vakuový kolektor Varisol HP90 20 (heat-pipe)

Kolektor typu heat-pipe pracuje na stejném principu jako již uvedený kolektor U-pipe (odstavec 4.3.1). Rozdíl je v trubici, z níž kolektor získává tepelnou energii (porovnání na obr. 4.2 a 4.3). Oproti solárnímu kolektoru U-pipe je vakuové potrubí vytvořeno z dvojstěnné skleněné trubice. [23]

Technické údaje

Solární kolektory Varisol HP90 (typ heat-pipe) jsou určeny k celoročnímu provozu, vyhovují podmínkám v České republice a jsou určeny především k ohřevu vody. Výše uvedený typ je opatřen počtem 20 vakuových trubic o průměru 80 mm. Kapalínou, jež systém ohřívá, je glykol. Typ označovaný heat-pipe je charakteristický tím, že daná kapalina nepřímo

odejímá tepelnou energii z absorpéru. Jednotlivé trubice postupují tepelnou energii pomocí hydrauliky.

Výhodou trubicového vakuového kolektoru je, že díky zmíněné zabudované hydraulice se sám zvládne odpojit z chodu a to v případě, že dojde k přehřátí teploty tekutiny. Odpadá tak nutnost řešit spotřebu vyprodukované nadbytečné tepelné energie. Kolektor Varisol HP90 20 je schopen i v mrazivých měsících, či v období nepřímého slunečního svitu (difuzní záření) spolehlivě fungovat a doplňovat do soustavy více tepelné energie oproti plochému deskovému kolektoru. To vše je dáno konstrukcí absorpční vrstvy (stejně jako u předchozího typu U-pipe), jejíž základ je tvořen Tinovem a dvojitě skleněné potrubí, které je izolované vakuem.

Naopak jeho nevýhodou ve srovnání s plochým deskovým kolektorem je vyšší pořizovací cena a menší účinnost v letním období. [17]



Obr. 4.6 Trubicový vakuový kolektor Varisol HP90 20 [17]

Varisol HP90 20		
Počet trubic	ks	20
Celková plocha kolektoru	m ²	4,19
Plocha absorpéru	m ²	3,19
<i>Rozměry</i>		
- šířka	mm	1965
- výška	mm	1420
- hloubka	mm	80
Objem kapaliny	l	1
Propojovací rozměr	Ø mm	22
Hmotnost	kg	43
<i>Následující hodnoty se vztahují k apertuře</i>		
Optická účinnost	%	76
a ₁	W(m ² * K)	1,620
a ₂	W(m ² * K)	0,008
Záruka	rok	10
Cena výrobku včetně DPH (ks)	Kč	37.017

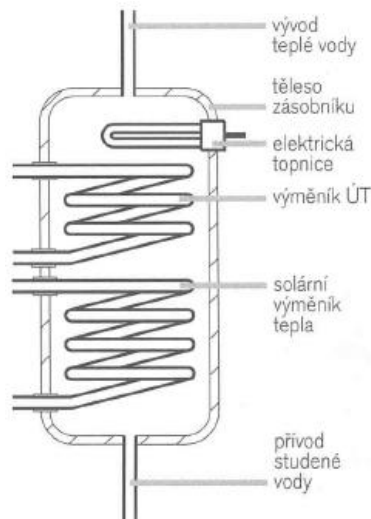
Tab. 4.10 Technické údaje trubicového vakuového kolektoru Varisol HP90 20 [17]

4.4 Solární zásobník a výměník tepla

Solární zásobník, někdy též nazýván jako akumulátor je nedílnou součástí solárních systémů. Je určen k přípravě teplé vody, která se může dodatečně ohřívat sekundárním zdrojem, pomocí energie která je určena k ústřednímu vytápění. V případech, kdy je málo energie ze slunečního záření se ohřívá pomocí elektrické energie, která představuje terciární

zdroj. Nejvíce rozšířená akumulace tepla je ve vodě. Při výběru zásobníku je nutné určit jeho objem, jenž závisí na celkové ploše kolektorů, a musí být dimenzován tak, aby i v letních měsících docházelo k akumulaci zachycené energie a nenastalo poškození soustavy. Aby byly dodrženy hygienické podmínky, je nutné minimálně jednou za týden ohřát vodu v zásobníku na 72°C, proto aby vlivem nižší teploty nedošlo ke vzniku nebezpečných mikroorganismů. Zásobníky jsou vyráběny z oceli, mědi, plastových, betonových či zděných materiálů.

Nedílnou součástí zásobníku je solární výměník tepla. Ten je umístěn ve spodní části zásobníku. O něco výše je umístěn výměník pro okruh ústředního vytápění a úplně v horní části se nachází elektrické topné těleso. Výměník tepla při procesu nabíjení zásobníku vede tepelnou energii z oblasti kolektorů a naopak při vybití zásobníku odvádí energii do oblasti určené pro spotřebiče. [12] [21]



Obr. 4.7 Schéma solárního zásobníku se dvěma výměníky tepla a elektrickou topnicí [21]

4.4.1 Expanzní nádoba

V případech, kdy není teplota stabilní, expanzní nádoba vyrovnává tlak. Při jejím konstruování a následnému usazení musí být kladen důraz na objem, maximální teplotu a roztažnost teplotnosného média. Jestliže dojde k výpadku elektrické energie, existuje jakýsi pojistný ventil, který chrání nádobu při velkém nárůstu tlaku. [8]

4.5 Tepelné čerpadlo

Tepelnou energii prostředí můžeme nalézt téměř všude kolem nás. Tuto energii je potřeba umět využít, ale vzhledem k její nízké teplotě to není úplně jednoduché. Důsledkem zachycené sluneční a geotermální energie (např. zemské teplo, podzemní voda nebo vzduch) vzniká tzv. nízkopotenciální teplo, které je zahrnuto ve vodě, vzduchu i zemi.

Ve většině případů lze pomocí tepelného čerpadla tuto tepelnou energii velmi dobře zužítkovat. Princip tepelného čerpadla spočívá v odebrání tepelné energie z prostředí a její přetváření na vyšší teplotní úroveň a následnému postupování pro další spotřebu, jako např. vytápění či ohřev teplé vody. [21]

Výparník

- ve výparníku dochází k odběru tepelné energie z okolí podchlazeným kapalným chladivem. Dochází k ohřátí chladiva a přeměně kapalného skupenství na plynné. Následně je vytvořena pára, jež je vtažena do kompresoru.

Kompresor

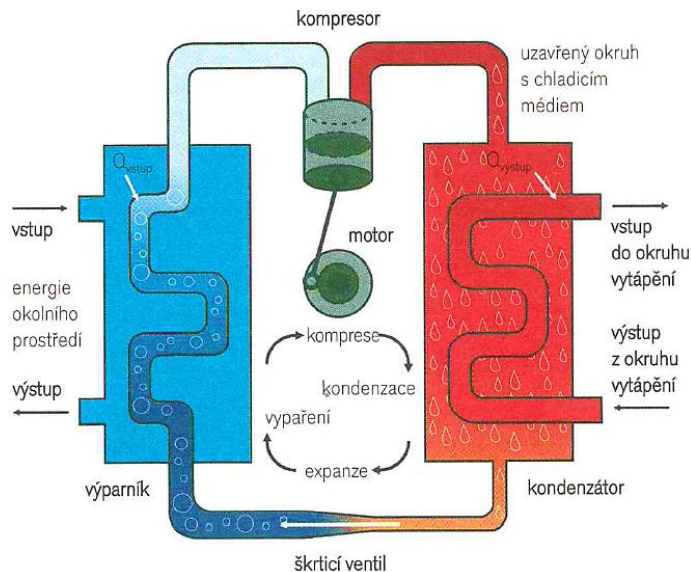
- zde dochází ke kompresi ohřátého chladiva na velký tlak, čímž chladivo dosahuje ještě vyšší teploty. Poté je chladivo s dosaženou teplotou natlačeno do kondenzátoru.

Kondenzátor

- v této části dochází k postoupení vytěženého tepla do topného systému.

Expanzní (škrťací) ventil

- zde dochází k poklesu tlaku chladiva v kapalném skupenství a také k následnému snížení teploty chladiva pod teplotu, kterou má okolí. [26]



Obr. 4.8 Princip tepelného čerpadla [21]

To do jaké míry bude tepelná energie využita, závisí především na množství tepelné energie a teplotě dané látky. Účel tepelného čerpadla je, že přeměňuje teplo s nízkou teplotou na teplotu vyšší. Hlavním zdrojem tepla pro využití tepelných čerpadel je povrchová voda (řeky, rybníky, jezera) a vzduch z podzemních kolektorů, důlních nebo sklepních míst. To do jaké míry je teplo ze země využito lze zjistit pomocí tepelného toku (na Zemi $60 \pm 10 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$) a také tepelné vodivosti.

Dále je potřeba sledovat topný faktor ε_T poměr tepelného výkonu čerpadla a příkonu kompresoru, jinými slovy řečeno je to poměr dodané energie určené pro ohřev k energii spotřebované. Topný faktor se v průběhu roku mění v závislosti na okolní teplotě. [21]

Podíl tepelného čerpadla (%)*	0	30	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100
Krytí tepla(%)**	0	61	72	78	82	86	89	91	93	96	98	100

Tab. 4.11 Krytí spotřeby tepla při různých výkonech tepelných čerpadel [21]

kde

* podíl tepelného čerpadla je poměr výkonu tepelného čerpadla a tepelné ztráty objektu,

** krytí spotřeby je podíl tepelné energie dodané do objektu tepelným čerpadlem.

4.5.1 Tepelné čerpadlo s kombinací vzduch/voda

Tepelné čerpadlo fungující s kombinací vzduch/voda funguje na principu spotřebovávání tepelné energie z okolního vzduchu. Toto čerpadlo je vhodné použít v místech, kde nejsou velké teplotní výkyvy nebo v oblastech kde je tepleji. Je ideální volbou také pro parcely, na kterých není dostatečný prostor pro instalaci zemního kolektoru. Naopak tento typ čerpadla není vhodný pro horské oblasti či oblasti s trvale nízkými teplotami. To jaký bude výkon čerpadla, závisí zejména na okolní teplotě vzduchu, ze kterého odnímá teplo. [24]



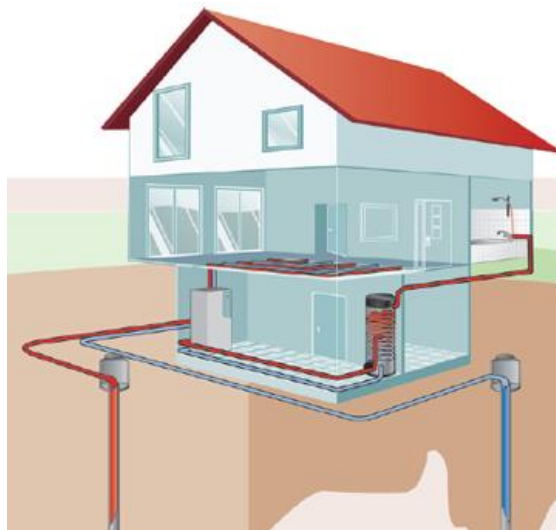
Obr. 4.9 Grafické znázornění tepelného čerpadla vzduch/voda [25]

Nemalou výhodou je nižší pořizovací cena a jednoduché uvedení do chodu bez větších zákroků na pozemku. Dalším plusem je hodnota průměrného ročního topného faktoru a to především v období, kdy je méně mrazivých dnů. Mezi nevýhody patří životnost venkovního zařízení s ventilátorem a také hlučnost, která je způsobena ventilátorem. [21]

4.5.2 Tepelné čerpadlo s kombinací země/voda s vrtem

Jedná se o jeden z nejvíce rozšířených systémů. Funkce tepelného čerpadla země/voda s vrtem spočívá v získávání tepla z podloží. Mnohdy jde o využití hlubinných vrtů. Kvůli vzájemnému ovlivňování vrtů je jeho minimální rozteč 10 m. Hloubka je od 50 m a zasahuje až do 150 m. Pomocí tepelného výměníku, který je napojen do potrubí z polyetylenu (PE) s nemrznoucí směsí dochází k ochlazování podloží v blízkosti vrtu. Pokud má tepelné čerpadlo výkon 10 kW, tak hloubka vrtu musí být okolo 140 m. (možnost dvou vrtů 70 m hlubokých). Z toho lze vyvodit, že na 1 kW výkonu čerpadla je nutné, aby byla hloubka vrtu mezi 12 až 18 m. Vrty se zřizují nedaleko domu nebo pod ním.

Výhodou je, že vytvoření tzv. vertikálního kolektoru neboli vrtu je vhodné, pokud velikost pozemku není zrovna veliká a též se hodí do chladných oblastí. Také hodnota průměrného ročního topného faktoru je výborná. S náročnější instalací souvisí samozřejmě i vyšší cena, která je často spojena s povoláním hydrogeologa a obstaráním stavebního povolení (od 30 m hloubky vrtu také povolení od báňského úřadu) potřebného k realizaci vrtu. Vyšší cena je kompenzována dlouhou životností zařízení se stálým výkonem, který zůstává po celou dobu provozování systému. [21] [24]

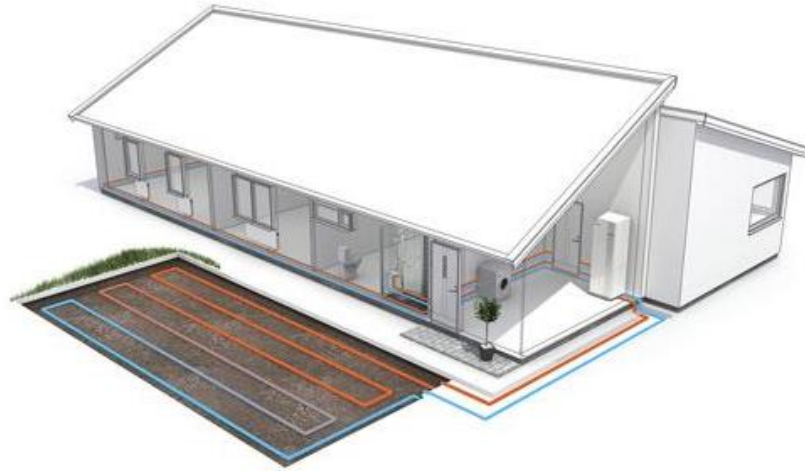


Obr. 4.10 Grafické znázornění tepelného čerpadla země/voda s vrtem [25]

4.5.3 Tepelné čerpadlo země/voda s plošným kolektorem

Jde o druhý nejvíce rozšířený systém. Způsob provedení spočívá v ochlazování půdy za pomoci tepelného výměníku a potrubí stejně jako v předchozím případě vyrobeného z polyetylenu, které obsahuje nemrznoucí směs. Potrubí je umístěno do výkopu

v tzv. „hadovitém“ tvaru. Aby se zabránilo zamrznutí kolektoru, měl být uložen v nezamrzné hloubce (přibližně 1,2 – 1,7 m, dle složení půdy a klimatických podmínek) a nedaleko stavby. Pro dosažení efektivní hodnoty výkonu je nutné, aby měla plocha pozemku alespoň trojnásobek vyhřívané oblasti. [21]



Obr. 4.11 Grafické znázornění tepelného čerpadla země/voda s plošným kolektorem [26]

Výhodou takto vytvořeného systému je nižší pořizovací cena než u předchozího systému s provedeným vrtem a dále také, že se jedná o stálý a nevyčerpatelný zdroj energie, jelikož plošný kolektor čerpá teplo, které je nahromaděné v zemi ze sluneční energie. Jeho životnost je vysoká. V opačném případě nevýhodou je, že na úkor ceny je hodnota průměrného ročního topného faktoru o něco horší. A také v souvislosti s instalací kolektoru se zhoršuje využitelnost pozemku pro další stavební účely. [21] [24]

4.6 Návrh tepelného čerpadla pro vytápění objektu

Při volbě tepelného čerpadla pro účel vytápění daného objektu je důležité zohlednit tepelné ztráty. Tepelnou ztrátou se rozumí potřebný výkon zdroje tepla k uchování požadované teploty v objektu a to i při nejnižší venkovní teplotě, která je předpokládána. Tepelná ztráta bývá zpravidla uvažována při teplotě -15°C , přičemž se mění v závislosti na čase a diferenci venkovní a vnitřní teploty. Je nutné, aby zdroj tepla (v tomto případě tepelné čerpadlo) měl výkon odpovídající tepelné ztrátě. Pokud výkon tepelného zdroje v období větších mrazů bude nedostatečný, hrozí, že v objektu nebude dosaženo požadované teploty. [13]

Na základě projektové dokumentace dodané stavebním projektantem bylo stanoveno, že tepelná ztráta tohoto, navrhovaného objektu činí 10 kW. Z této hodnoty budu vycházet

při volbě tepelného čerpadla, přičemž zohledním i nutný ohřev TUV prostřednictvím solárních kolektorů, jež budou instalovány na střeše sídla. Vzhledem k požadavkům investora objektu, zhotovím návrh dvou možných variant tepelného čerpadla. První variantou, kterou se budu v návrhu zabývat, je tepelné čerpadlo fungující na principu země/voda s integrovaným solárním zásobníkem TUV a s rekuperační jednotkou. Druhou, levnější variantou bude tepelné čerpadlo s kombinací vzduch/voda, zabudovaným solárním zásobníkem TUV a rekuperací. Pro sezónní ohřev TUV budou u obou variant použity solární kolektory.

4.6.1 Tepelné čerpadlo Vitocal 242–G, A06 s kombinací země/voda

Vzhledem k možným prostorovým podmínkám pozemku, který je též součástí objektu, jsem vybral, tepelné čerpadlo fungující na principu země/voda s vrtem. Vrt potřebný pro navrhované zařízení bude hluboký 120 metrů a bude vytvořen jen několik metrů od objektu. Vzhledem k hloubce vrtu, bude k jeho realizaci potřeba povolení hydrogeologa, zřízení stavebního povolení a povolení báňského úřadu, čímž dojde k zvýšení cenových nákladů. Nedílnou součástí zařízení, které již z výroby disponuje připojením pro solární zařízení, je zabudovaný solární zásobník TUV o objemu 220 litrů. TUV bude ohřívána pomocí trubicových solárních kolektorů, které budou instalovány na střeše objektu. Jelikož energie bude získávána z hlubinného vrtu, disponuje zařízení chladicí jednotkou, určenou k pasivnímu chlazení. Konstrukce je provedena tak, že chod zařízení je velmi tichý. Zařízení bude ovládáno pomocí displeje umístěného na vnější straně. Grafické provedení a technické parametry popisovaného tepelného čerpadla se solárním zásobníkem jsou následně znázorněny na obrázku a v tabulce 4.12. [27]



Obr. 4.12 Tepelné čerpadlo Vitocal 242 – G, A06 země /voda s integrovaným solárním zásobníkem [27]

Technické údaje

Vitocal 242 – G, A06	
Výkonové parametry při vstupní teplotě 0/35 °C	
Jmenovitý tepelný výkon (kW)	6,1
Elektrický příkon (kW)	1,4
Chladicí výkon (kW)	4,6
Topný faktor ϵ (kW)	4,2
Elektrické parametry tepelného čerpadla	
Jmenovité napětí (V)	3/N/PE 400
Frekvence (Hz)	50
Náběhový proud (A)	25
Jištění	3-pólové 6A
Elektrické parametry chladicího okruhu	
Chladivo	R410A
Plnicí množství (kg)	1,8
Přípustný provozní tlak (bar)	43
Integrovaný zásobníkový ohřivač vody	
Objem (l)	220
Max plocha kolektoru při směřování na jih (plochý/trubicový kolektor) (m ²)	5/3
Max. přípustná teplota vody (°C)	95
Akustický výkon	
Úroveň hladiny hluku při jmenovitém tepelném výkonu (dB)	43
Rozměry	
Celková délka (mm)	680
Celková šířka (mm)	600
Celková výška (mm)	2075
Celková hmotnost (kg)	260
Celková cena včetně DPH (Kč)	227.904

Tab. 4.12 Technické údaje tepelného čerpadla Vitocal 242 – G, A06 země /voda se solárním zásobníkem [27]

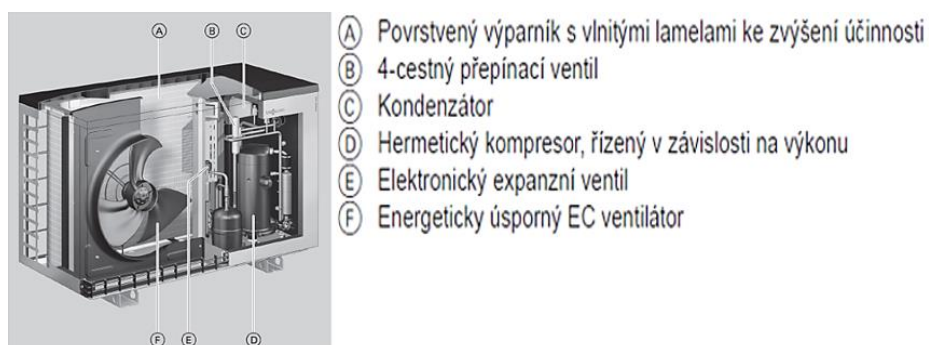
4.6.2 Tepelné čerpadlo Vitocal 222-A 221, A10 s kombinací vzduch/voda

Druhou možnou variantou, kterou lze pro daný objekt použít, je tepelné čerpadlo fungující na principu vzduch/voda. Stejně jako v předchozím případě budou k přípravě TUV použity solární kolektory, umístěné na střeše objektu, tentokrát to ale budou deskové kolektory. Součástí tohoto typu tepelného čerpadla je ventilátor, umístěný ve venkovní jednotce, pomocí kterého je ze vzduchu odnímána tepelná energie. Chod ventilátoru je velmi tichý, přičemž to nezáleží na jeho zatížení. Nízká úroveň hluku je zaručena inteligentním řízením otáček ventilátoru. Přesto, že ventilátor není hlučný, nemělo by zařízení být umístěno v blízkosti ložnice nebo oken sousedů. Důležitý je také podklad, na který je venkovní zařízení instalováno. Musí být zvolen tak, bylo zamezeno přenášení vibrací do sídla. Vhodným, pevným podkladem, je betonový základ či konstrukce, které nejsou propojeny s objektem. Vnitřní jednotka, stejně jako u předchozího typu, je vybavena integrovaným solárním zásobníkem o objemu 220 litrů. Při volbě zařízení je nutné brát ohled na tepelné ztráty a spotřebu energie, proto by měla být vzdálenost mezi koupelnou a solárním zásobníkem co nejkratší. Zásobník by také neměl být instalován do prostor, které nejsou záměrně

vytápěny, jelikož teplem unikajícím z povrchu zásobníku dochází k jeho vytápění. Vzdálenost přípojovacího potrubí vedeného mezi venkovní a vnitřní jednotkou by měla být také pokud možno co nejkratší. Tím dojde k ponížení ceny chladicího média a potrubí. Grafické provedení a technické údaje tepelného čerpadla se solárním zásobníkem jsou následně znázorněny na obrázku 4.13, 4.14 a v tabulce 4.13. [27]



Obr. 4.13 Tepelné čerpadlo Vitocal 222-A 221, A10 vzduch /voda s integrovaným solárním zásobníkem (vlevo) a venkovní jednotkou [27]



Obr. 4.14 Venkovní jednotka tepelného čerpadla Vitocal 222-A 221, A10 a popis funkčních prvků [27]

Technické údaje

Vitocal 222-A 221, A10				
Výkonové parametry				
Vstupní teplota (°C)	Max. tepelný výkon (kW)	Min. tepelný výkon (kW)	Elektrický příkon (kW)	Topný faktor ϵ
Vstupní teplota 2/35	4,08	1,95	0,73	3,57
Vstupní teplota 7/35	4,18	2,44	0,87	2,44
Vstupní teplota -15/45	3,02	1,62	1,55	1,95
Vstupní teplota 2/45	3,99	1,83	0,87	2,54
Vstupní teplota 7/45	4,78	2,27	1,11	3,49
Vstupní teplota -15/55	3,12	1,55	1,87	1,95
Vstupní teplota 2/55	3,86	2,53	1,17	2,54
Vstupní teplota -7/60	3,87	2,00	2,14	1,81
Vstupní teplota 7/60	4,91	2,95	1,54	2,31
Elektrické parametry venkovní jednotky				
Jmenovité napětí (V)	3/N/PE 400			
Frekvence (Hz)	50			
Náběhový proud (A)	15			
Cos ϕ	0,96			
Jištění	3-pólové 16A			
Příkon ventilátoru (W)	90			
Otáčky ventilátoru (1/min)	600			
Elektrické parametry vnitřní jednotky				
Jmenovité napětí (V)	3/N/PE 400			
Frekvence (Hz)	50			
Jištění	3-pólové 16A			
Chladicí okruh				
Chladivo	R410A			
Plnicí množství (kg)	2,4			
Přípustný provozní tlak (bar)	43			
Integrovaný zásobníkový ohřívač vody				
Objem (l)	220			
Max. přípustná teplota vody (°C)	70			
Akustický výkon venkovní jednotky				
Úroveň hladiny hluku při jmenovitém výkonu (dB)	56			
Rozměry venkovní jednotky				
Celková délka (mm)	546			
Celková šířka (mm)	1109			
Celková výška (mm)	1377			
Celková hmotnost (kg)	153			
Rozměry vnitřní jednotky				
Celková délka (mm)	681			
Celková šířka (mm)	600			
Celková výška (mm)	1874			
Celková hmotnost (bez vody) (kg)	164			
Celková cena včetně DPH (Kč)	211.224			

Tab. 4.13 Technické údaje tepelného čerpadla Vitocal 222-A 221, A10 vzduch/voda se solárním zásobníkem [27]

4.7 Volba solárního zásobníku

Vzhledem nabízejícím možnostem, jsem zvolil solární zásobník se solárním výměníkem, který je součástí vnitřní jednotky tepelného čerpadla. Oba předchozí popsané typy tepelných čerpadel jsou vybaveny solárním zásobníkem o objemu 220 litrů, což dostává pro navrhovaný objekt se tříčlennou rodinou. Oba solární zásobníky jsou již

od výrobce připraveny pro připojení solárních kolektorů, což splňuje požadavky pro návrh. Zásobník obsahuje dvě nádrže, tedy vnitřní a vnější. Vnitřní nádrž slouží k ohřevu teplé užitkové vody a vnější je určena pro topnou vodu. Materiál, ze kterého je zásobník vyroben, je měď, která slouží zároveň jako antikorozi ochrana zásobníku.

4.8 Rekuperace objektu

Pojem rekuperace lze též nazvat jako zpětné získávání tepla. To se děje tak, že čerstvý vzduch, který je přiváděn z venku prostupuje skrze rekuperační výměník, jenž je umístěn uvnitř zařízení vzduchotechniky a z druhé strany do něj vniká teplý odpadní vzduch z celého objektu. Pomocí systému tvořeného z různých kanálků je čerstvý vzduch oddělen od odpadního vzduchu, což zabraňuje zpětnému prostupování pachů z odváděného do přívodního vzduchu. Skrze stěny kanálků prostupuje tepelná energie z odpadního vzduchu a následně se předává do přívodního vzduchu, který je tímto způsobem zahříván. Účinnost rekuperačních výměníků fungujících na principu předávání tepelné energie činí běžně okolo 90 %. Účinností rekuperace se rozumí zpětné získávání tepelné energie, kdy se využívá teplota energie z odpadního vzduchu k předehřátí chladného, čerstvého vzduchu z okolí. Pokud v takovémto objektu dojde k otevření okna, je rekuperační účinnost nulová. Důvodem je, že vytvořená tepelná energie je bez využití odvětrána a do objektu je přiváděn čerstvý, studený vzduch. [28]

Možnost rekuperace s celoročním provozem lze zajistit připojením ventilační jednotky k tepelnému čerpadlu. Pomocí jednotky je zpět skrze rekuperační výměník získána energie z odpadního vzduchu.

4.9 Míra úspory energie pomocí navržených zařízení

V souvislosti s úsporou energie hraje roli i pořizovací cena navrhovaných zařízení. Jelikož v mém případě nejsou náklady na pořízení zařízení (která navrhuji) zrovna nízké, budu také řešit, jaká bude jejich návratnost.

Co se týče úspory energie, tak se budu zabývat nejprve solárními kolektory. Ploché deskový kolektor, jehož výrobcem je společnost TWI celoročně vyrobí tepelnou energii, která pokrývá až 70 % nákladů potřebných k ohřevu teplé užitkové vody. U trubicových vakuových kolektorů, bez ohledu na provedení (U-pipe nebo heat-pipe), se úspora energie pohybuje přes 80 %. S tím ale souvisí i vyšší pořizovací cena, než je obvyklá u plochých deskových

kolektorů.

Nemalé úspory nákladů na vytápění objektu lze dosáhnout pomocí tepelného čerpadla. Obvykle tato úspora činí až dvě třetiny v porovnání s plynovým či elektrickým systémem vytápění. Dovolím si tvrdit, že vzhledem k vysoké úspoře provozních nákladů a neustále rostoucím cenám energií, má význam toto zařízení instalovat do navrhovaného objektu a to i v případě instalace plochých deskových kolektorů, u nichž je úspora energie v porovnání s trubicovými vakuovými kolektory o něco nižší.

Jak jsem již zmínil v předešlém odstavci, existuje ventilační jednotka, pomocí které lze celoročně získávat tepelnou energii z odpadního vzduchu. Investorovi objektu bych doporučil investovat prostředky do této jednotky v kombinaci s tepelným čerpadlem (země/voda) a do trubicových vakuových kolektorů, jelikož jejich účinnost a úspora energie je vyšší, než u plochých deskových kolektorů, a to i přesto, že pořizovací cena těchto zařízení je vyšší.

5 Ekonomická bilance

V této kapitole se budu zabývat vytvořením ekonomického přehledu a porovnáním dvou možných variant solárních systémů a tepelných čerpadel. Důležitými kritérii pro zpracování ekonomického hodnocení, jsou údaje o cenách energií, investiční náklady, doba životnosti zařízení včetně jejich komponentů a provozní výdaje. Do investičních nákladů jsou zahrnuty veškeré jednorázové náklady na přípravu stavby, projekt, dodávky technologického zařízení a jeho montáž, stavební úpravy, elektrické přípojky. Dobou životnosti zařízení se rozumí doba, po kterou bude možno využívat produkce obnovitelných zdrojů energie (OZE), a tím dosahovat úspor energie, aniž by se znovu musely vynakládat investiční prostředky nutné na obnovu zařízení. Provozní výdaje jsou výdaje spojené s obsluhou a údržbou zařízení, dále také s možnými opravami a nákupem energií. Úspora energie a ekonomická efektivnost jsou ovlivňovány na základě možností výroby elektřiny v době špiček, tedy kdy je její cena zpravidla nejvyšší. [12] [21]

5.1 Varianty řešení

Uvažoval jsem dvě možné varianty provedení elektroinstalačních prvků a zařízení, jejichž výrobcem je společnost Schneider Electric. V první a cenově dostupnější variantě se jedná o výrobky řady Senda a ve variantě druhé Merten M – Elegance. Varianty se od sebe také vzájemně odlišují použitím daného typu solárních kolektorů a principem fungování tepelného čerpadla.

U první varianty budou instalovány tři kusy plochých deskových kolektorů s obchodním označením Sun Wing T4 Cu 2,5 a tepelné čerpadlo (včetně venkovní jednotky) Vitocal 222-A 221, A10 s kombinací vzduch/voda, jehož výrobcem je společnost Viessmann. V návrhu bude zahrnuta ventilační jednotka.

Druhá, nákladnější varianta bude realizována pomocí dvou kusů vakuových trubicových solárních kolektorů Varisol HP90 20 (typ heat-pipe) a tepelného čerpadla Vitocal 242-G, A06 s kombinací země/voda a hlubinným vrtem, též od výrobní společnosti Viessmann. Do návrhu jsem zahrnul také ventilační jednotku. Solární zásobník určený pro ohřev teplé užitkové vody o objemu 220 litrů, je v obou případech zabudovaný uvnitř vnitřní jednotky tepelného čerpadla a je vyroben z měděného materiálu.

5.1.1 1. Varianta řešení**Důležité údaje**

- a) Elektrotechnické prvky a zařízení řady Senda od společnosti Schneider Electric s.r.o.
- b) Ploché deskové kolektory Sun Wing T4 Cu 2,5 od společnosti TWI s.r.o.
- c) Tepelné čerpadlo Vitocal 222-A 221, A10 s kombinací vzduch/voda, ventilační jednotkou a integrovaným solárním zásobníkem od společnosti Viessmann.

TYP MATERIÁLU	MNOŽSTVÍ (ks, m)	CENA VČETNĚ DPH ZA (ks, m) (Kč)	CELKOVÁ CENA VČETNĚ DPH (Kč)
ELEKTROINSTALAČNÍ PRVKY A ZAŘÍZENÍ - ŘADA SCHNEIDER SENDA			
jednoduchý rámeček bílá/polar	32	17,3	553
dvojrámeček vodorovný bílá/polar	7	35,7	250
trojrámeček vodorovný bílá/polar	4	54,9	220
čtyřrámeček vodorovný bílá/polar	2	93,3	187
jednopolový vypínač č. 1 bílá/polar	13	93,3	1213
střídavý přepínač č. 6 bílá/polar	6	96,8	581
střídavý přepínač č. 6 IP44 bílá/polar	4	136,9	548
křížový přepínač č. 7 bílá/polar	3	132,5	398
křížový přepínač č. 7 IP44 bílá/polar	2	172,5	345
spínač třípolový	2	390,5	781
zásuvka s přepětovou ochranou bílá/polar	23	1228,4	28253
zásuvka s přepětovou ochranou IP44 bílá/polar	5	1378,4	6892
dvojjzásuvka s přepětovou ochranou bílá/polar	22	1354,8	29805
zásuvka TV+R koncová bílá/polar	3	283,3	850
zásuvka internet bílá/polar	7	106,4	745
CELKEM			71618

SVÍTLIDLA A ELEKTROINSTALAČNÍ MATERIÁL			
nástěnné svítidlo	2	490,0	980
nástěnné svítidlo IP44	7	866,0	6062
nástěnné svítidlo IP44 s pohybovým senzorem	1	1050,0	1050
stropní svítidlo	13	1500,0	19500
zářivkové svítidlo 1xLED/6W/230V	5	460,0	2300
zářivkové svítidlo 120 LED/36W/230V	2	690,0	1380
sada domovního videotelefonu	1	4037,7	4038
výkonová pojistka nožová 63 A gG	3	50,6	152
svorka WAGO	500	3,7	1845
hlavní ochranná přípojnice (HOP)	1	276,7	277
krabice univerzální KU68	90	6,1	552
ohebná trubka průměr 40 mm do země	8	16,0	128
ohebná trubka průměr 32 mm do země	5	9,3	47
ohebná trubka průměr 16 mm	80	3,5	280
elektroměrový rozvaděč ES 6 1x40A/3 + HDO	1	4472,2	4472
CELKEM			43062

KABELY A VODIČE			
CYKY 20x1,5 mm ²	13	14,0	182
CYKY 30x1,5 mm ²	50	11,9	597
CYKY 3Jx1,5 mm ²	150	11,9	1791
CYKY 40x1,5 mm ²	40	16,0	640
CYKY 3Jx2,5 mm ²	250	19,1	4783
CYKY 5Jx2,5 mm ²	16	34,0	544
CYKY 5Jx4 mm ²	3	59,1	177
CYKY 4Jx10 mm ²	10	101,0	1010
J-Y(ST)Y 2x2x0,8 mm ²	7	7,8	54
SYKFY 2x2x0,5 mm ²	10	5,7	57
koaxial 50 ohmů	32	32,0	1024
UTP cat. 6	65	9,7	631
CELKEM			11489

HROMOSVOD A UZEMNĚNÍ

drát FeZn průměr 8 mm	60	42,5	2552
drát FeZn průměr 10 mm	20	42,5	851
jímací tyč s rovným koncem	4	454,0	1816
kombinovaný svodič typ 1-DEHN+SÖHNE DV M TNS 255	1	18271,0	18271
svodič přepětí OEZ - internet	1	3342,0	3342
svodič přepětí OEZ - TV	3	1347,0	4041
svorka křížová	12	21,4	257
zkušební svorka	4	30,2	121
svorka na okapové žlaby	4	28,7	115
základový zemnič (zemnicí páska) 30x4	48	35,0	1680
držák	50	35,9	1794
ochranný úhelník	4	154,9	620
CELKEM			35460

ROZVODNICE A ELEKTRICKÉ PŘÍSTROJE

zvonkový transformátor 230V/12V	1	1182,0	1182
čtyřpólový proudový chránič Noark EX9L-N 4P 25 A 30 mA	2	1217,0	2434
třířázový jistič Noark Ex9BH 3P B16 16A B	1	333,0	333
třířázový jistič Noark Ex9BH 3P B20 20A B	1	437,0	437
třířázový jistič Noark Ex9BH 3P B40 40A B (umístěn v RE)	1	576,0	576
jednofázový jistič Noark Ex9BH 1P C2 2A C	1	184,0	184
jednofázový jistič Noark Ex9BH 1P B6 6A B	9	129,0	1161
jednofázový jistič Noark Ex9BH 1P B16 16A B	15	105,0	1575
rozvodnice Noark montáž pod omítku 3x18 modulů	1	1383,0	1383
rozděděč RACK jednodílný 9U	1	2590,0	2590
CELKEM			11855

ELEKTRICKÁ POŽÁRNÍ SIGNALIZACE (EPS)

autonomní hlásič SD-503ST s integrovanou signalizací poplachu	1	749,0	749
CELKEM			749

TEPELNÉ ČERPADLO - KOMBINACE VZDUCH/VODA

tepelné čerpadlo Vitocal 222-A 221, A10 s 220 l solárním zásobníkem	1	211224,0	211224
prostorový termostat Viessmann ELEKTROBOCK PT32	1	1724,2	1724
rekuperační jednotka Viessmann (včetně držáku na zeď)	1	56507,0	56507
řídící panel rekuperační jednotky Viessmann	1	2499,0	2499
odkapní miska pro Vitocal 222-A 221, A10	1	7710,0	7710
trojcestný ventil	1	7490,0	7490
řídící jednotka	1	18150,0	18150
směšovací sada	1	24200,0	24200
plnicí sada	1	3150,0	3150
CELKEM			332654

PLOCHÉ DESKOVÉ SOLÁRNÍ KOLEKTORY

ploché deskový kolektor Sun Wing T4 Cu 2,5	3	14036,0	42108
odvzdušňovací ventil s jímkou - levý	1	1044,0	1044
odvzdušňovací ventil s jímkou - pravý	1	1044,0	1044
přípojka kolektoru - levá	1	473,0	473
přípojka kolektoru - pravá	1	473,0	473
čerpadlo a měřicí přístroje	1	10670,0	10670
dvojitě nerezové flexi potrubí s izolací a kabelem	20	344,5	6890
expanzní nádoba	1	2561,6	2562
nemrznoucí teplonosná kapalina	1	2221,0	2221
solární řídící jednotka SR868C8 s LCD	1	3196,0	3196
držák kolektoru s trojúhelníkovou podpěrou na dorovnání úhlu 30°	6	1532,0	9192
CELKEM			79873

CELKOVÁ CENA MATERIÁLU A ZAŘÍZENÍ VČETNĚ DPH	586760
CELKOVÁ CENA VČETNĚ PROVEDENÍ PRÁCE A DPH	762788

5.1.2 2. Varianta řešení**Důležité údaje**

- Elektrotechnické prvky a zařízení elegantnější řady Merten M – Elegance, taktéž od společnosti Schneider Electric s.r.o.
- Trubicové vakuové kolektory Varisol HP90 20 (heat-pipe) od společnosti Brilon a.s.
- Tepelné čerpadlo Vitocal 242 – G, A06 s kombinací země/voda s hlubinným vrtem, ventilační jednotkou a integrovaným solárním zásobníkem, jehož výrobcem je také společnost Viessmann.

TYP MATERIÁLU	MNOŽSTVÍ (ks, m)	CENA VČETNĚ DPH ZA (ks, m) (Kč)	CELKOVÁ CENA VČETNĚ DPH (Kč)
ELEKTROINSTALAČNÍ PRVKY A ZAŘÍZENÍ - ŘADA SCHNEIDER MERTEN - M - ELEGANCE			
jednoduchý rámeček antracit	32	205,8	6586
dvojrámeček vodorovný antracit	7	241,2	1688
trojrámeček vodorovný antracit	4	308,6	1234
čtyřrámeček vodorovný antracit	2	496,9	994
jednopolový vypínač č. 1 antracit	13	272,0	3536
střídavý přepínač č. 6 antracit	6	270,8	1625
střídavý přepínač č. 6 IP44 (není k dispozici, alt. bílá/polar/graphite)	4	328,0	1312
křížový přepínač č. 7 antracit	3	537,0	1611
křížový přepínač č. 7 IP44 antracit	2	627,0	1254
spínač třípolový	2	444,0	888
zásuvka s přepěťovou ochranou antracit (není k dispozici, alt. bílá/polar/graphite)	23	1482,1	34088
zásuvka s přepěťovou ochranou IP44 (není k dispozici, alt. bílá/polar/graphite)	5	1632,1	8161
dvojjzásuvka s přepěťovou ochranou (není k dispozici, alt. bílá/polar/graphite)	22	1527,0	33594
zásuvka TV+R koncová antracit	3	537,5	1613
zásuvka internet antracit	7	454,7	3183
CELKEM			101366

SVÍTIDLA A ELEKTROINSTALAČNÍ MATERIÁL

nástěnné svítidlo	2	490,0	980
nástěnné svítidlo IP44	7	866,0	6062
nástěnné svítidlo IP44 s pohybovým senzorem	1	1050,0	1050
stropní svítidlo	13	1500,0	19500
zářivkové svítidlo 1xLED/6W/230V	5	460,0	2300
zářivkové svítidlo 120 LED/36W/230V	2	690,0	1380
sada domovního videotelefonu	1	4037,7	4038
výkonová pojistka nožová 63 A gG	3	50,6	152
svorka WAGO	500	3,7	1845
hlavní ochranná přípojnice (HOP)	1	276,7	277
krabice univerzální KU68	90	6,1	552
ohěbná trubka průměr 40 mm do země	8	16,0	128
ohěbná trubka průměr 32 mm do země	5	9,3	47
ohěbná trubka průměr 16 mm	80	3,5	280
elektroměrový rozvaděč ES 6 1x40A/3 + HDO	1	4472,2	4472
CELKEM			43062

KABELY A VODIČE

CYKY 2Ox1,5 mm ²	13	14,0	182
CYKY 3Ox1,5 mm ²	50	11,9	597
CYKY 3Jx1,5 mm ²	150	11,9	1791
CYKY 4Ox1,5 mm ²	40	16,0	640
CYKY 3Jx2,5 mm ²	250	19,1	4783
CYKY 5Jx2,5 mm ²	16	34,0	544
CYKY 5Jx4 mm ²	3	59,1	177
CYKY 4Jx10 mm ²	10	101,0	1010
J-Y(ST)Y 2x2x0,8 mm ²	7	7,8	54
SYKFY 2x2x0,5 mm ²	10	5,7	57
koaxial 50 ohmů	32	32,0	1024
UTP cat. 6	65	9,7	631

CELKEM**11489****HROMOSVOD A UZEMNĚNÍ**

drát FeZn průměr 8 mm	60	42,5	2552
drát FeZn průměr 10 mm	20	42,5	851
jímací tyč s rovným koncem	4	454,0	1816
kombinovaný svodič typ 1-DEHN+SÖHNE DV M TNS 255	1	18271,0	18271
svodič přepětí OEZ - internet	1	3342,0	3342
svodič přepětí OEZ - TV	3	1347,0	4041
svorka křížová	12	21,4	257
zkušební svorka	4	30,2	121
svorka na okapové žlaby	4	28,7	115
základový zemnič (zemnicí páska) 30x4	48	35,0	1680
držák	50	35,9	1794
ochranný úhelník	4	154,9	620

CELKEM**35460****ROZVODNICE A ELEKTRICKÉ PŘÍSTROJE**

zvonkový transformátor 230V/12V	1	1182,0	1182
čtyřpólový proudový chránič Noark EX9L-N 4P 25 A 30 mA	2	1217,0	2434
třífázový jistič Noark Ex9BH 3P B16 16A B	1	333,0	333
třífázový jistič Noark Ex9BH 3P B20 20A B	1	437,0	437
třífázový jistič Noark Ex9BH 3P B40 40A B (umístěn v RE)	1	576,0	576
jednofázový jistič Noark Ex9BH 1P C2 2A C	1	184,0	184
jednofázový jistič Noark Ex9BH 1P B6 6A B	9	129,0	1161
jednofázový jistič Noark Ex9BH 1P B16 16A B	15	105,0	1575
rozvodnice Noark montáž pod omítku 3x18 modulů	1	1383,0	1383
rozdávěč RACK jednodílný 9U	1	2590,0	2590

CELKEM**11855****ELEKTRICKÁ POŽÁRNÍ SIGNALIZACE (EPS)**

autonomní hlásič SD-503ST s integrovanou signalizací poplachu	1	749,0	749
---	---	-------	-----

CELKEM**749****TEPELNÉ ČERPADLO - KOMBINACE ZEMĚ/VODA**

tepelné čerpadlo Vitocal 242 – G, A06 s 220 l integrovaným solárním zásobníkem	1	227904,0	227904
prostorový termostat Viessmann ELEKTROBOCK PT32	1	1724,2	1724
rekuperační jednotka Viessmann (včetně držáku na zeď)	1	56507,0	56507
řídící panel rekuperační jednotky Viessmann	1	2499,0	2499
plnicí sada	1	4125,7	4126
vyhloubení a vystrojení vrtu	120	1000,0	120000
PE potrubí (pro vložení do vrtu)	120	102,0	12240
ponorné čerpadlo (do 150 m)	1	16778,0	16778

CELKEM**441778**

TRUBICOVÉ VAKUOVÉ KOLEKTORY

trubicový vakuový kolektor Varisol HP90 20 (typ heat-pipe)	2	37017,0	74034
odvzdušňovací ventil s jímkou - levý	1	1044,0	1044
odvzdušňovací ventil s jímkou - pravý	1	1044,0	1044
přípojka kolektoru - levá	1	473,0	473
přípojka kolektoru - pravá	1	473,0	473
čerpadlo a měřicí přístroje	1	10670,0	10670
dvojitě nerezové flexi potrubí s izolací a kabelem	20	344,5	6890
expanzní nádoba	1	2561,6	2562
nemrznoucí teplotonosná kapalina	1	2221,0	2221
solární řídicí jednotka Elektrobock SRJ10 s LCD	1	4356,0	4356
držák kolektoru s trojúhelníkovou podpěrou na dorovnaní úhlu 30°	8	1532,0	12256
CELKEM			116023
CELKOVÁ CENA MATERIÁLU A ZAŘÍZENÍ VČETNĚ DPH			761782
CELKOVÁ CENA VČETNĚ PROVEDENÍ PRÁCE A DPH			990317

Závěr

S příchodem nových technologií se nároky na bydlení stále zvyšují. Lidé požadují prostorné a komfortní bydlení, ve kterém se mohou aktivně věnovat své práci, odpočinku či zábavě s dětmi nebo přáteli, a přitom neplatit velké sumy za ceny energií. To vše nabízí pasivní rodinné domy, které ještě navíc pomocí rekuperační jednotky vyrábí čerstvý vzduch a tím zbavují ovzduší prachu a škodlivých nečistot. Mezi výhody patří, že u všech pasivních rodinných domů lidé žijí vyšší komfort svého života. Mají v objektu příjemné teploty, jak v letním, tak zimním období, při velmi nízkých nákladech na vytápění se zajištěným stálým přívodem čerstvého vzduchu bez průvanu.

Cílem mé diplomové práce bylo v souladu s platnými normami ČSN IEC navrhnout a dimenzovat přípojku nízkého napětí pro napájení pasivního rodinného domu, jehož výstavba bude realizována na území České republiky, konkrétně v okolí Prahy.

V první kapitole jsem na základě provedených výpočtů a jejich následným ověřením pomocí výpočtového programu Sichr 19.01 zvolil přívodní kabel CYKY 4Jx10 mm². Pro hlavní jištění přípojky jsem vybral jistič se jmenovitou hodnotou proudu 40 A s vypínací charakteristikou B. Jistič bude umístěn do elektroměrového rozváděče. Na základě spočtených hodnot zkratových proudů jsem následně provedl porovnání vypínacích schopností (zkratových odolností) jisticích prvků, tj. jističů a pojistek. Pomocí programu jsem ověřil, zda jsou ochrany vhodné z hlediska nadměrných elektrických proudů. Zkontroloval jsem, je-li dodržena požadovaná selektivita jednotlivých jisticích prvků a také impedanční smyčky pro celý obvod. Zhodnotil jsem z ekonomického hlediska vhodnost použitého kabelového vedení. Konkrétně jsem se zaměřil na to, aby byl zvolen vhodný průřez kabelu, především kvůli jeho pořizovací ceně a dalším nákladům, které jsou spojeny s jeho užíváním a životností. Vyhotovil jsem technickou zprávu, která je nedílnou součástí projektu.

Ve druhé kapitole jsem zpracoval pomocí grafického programu AutoCAD 2019 kompletní elektroinstalaci, a to včetně ochrany před bleskem. Kompletní elektroinstalaci v grafické podobě jsem umístil do příloh této diplomové práce.

K tomu, abych mohl navrhnout dané elektroinstalační prvky a zařízení, jsem musel nejprve znát, jakým způsobem fungují, kde se používají a kam se umísťují. Jedině tak jsem mohl určit vhodnost jejich použití. Představení a popisu jednotlivých elektroinstalačních funkčních prvků a zařízení jsem věnoval celou třetí kapitolu.

Nedílnou součástí projektu je problematika, která řeší návrh systému pro ohřev teplé užitkové vody a vytápění objektu. Čtvrtá kapitola byla věnována výpočtům, spojeným

s návrhem solárních kolektorů určených k ohřevu teplé užitkové vody pro tříčlennou rodinu a volbě tepelného čerpadla určeného pro vytápění tohoto pasivního rodinného domu. Zhotovil jsem dvě možné varianty solárních kolektorů určených pro sezonní provoz, které představují návrh pokrytí potřebné energie pro ohřev TUV od dubna do září. Zároveň jsem vytvořil dvě možná řešení provedení tepelných čerpadel, která získávají tepelnou energii odlišným způsobem. Dále jsem nastínil proces rekuperace pro navrhovaný objekt a zhodnotil jsem míru úspory energie pomocí navržených zařízení.

Požadavkem investora objektu bylo vytvoření ekonomické bilance, která bude obsahovat elektroinstalační prvky a zařízení dvou cenových relací. První varianta byla sestavena z levnějších prvků modelové řady Senda, jejichž výrobcem je společnost Schneider Electric. Zdrojem vytápění objektu je tepelné čerpadlo fungující na principu vzduch/voda. K ohřevu teplé užitkové vody jsou použity ploché deskové solární kolektory. Výše uvedená varianta má celkové náklady včetně provedení práce a DPH v hodnotě 762 788 Kč.

Druhá, cenově nákladnější varianta byla sestavena z prvků modelové řady Merten - M - Elegance od stejného výrobce, přičemž pro vytápění objektu je použito tepelné čerpadlo země/voda s hlubinným vrtem a kombinací vakuových trubicových solárních kolektorů. U této varianty celková částka včetně práce a DPH činí 990 317 Kč.

Z mého pohledu bych investorovi objektu doporučil variantu s tepelným čerpadlem země/voda a hlubinným vrtem, rekuperační jednotkou a vakuovými trubicovými solárními kolektory. Přestože se jedná o dražší variantu, tak důvodem, proč bych toto řešení doporučil, je, že tepelné čerpadlo (země/voda) má vyšší topný faktor a vakuové trubicové solární kolektory mají vyšší účinnost, než ploché deskové kolektory. To je dáno tím, že i v období nepřímého slunečního záření doplňují do soustavy více tepelné energie.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] BURANT, Jiří. *Blesk a přepětí: systémová řešení ochran*. Praha, FCC – Public, 2006, 252 s. ISBN 80-86534-10-3.
- [2] <https://www.oez.cz> [online] 2019 [cit. 08. 02. 2019]. Dostupné: <http://www.oez.cz/modra-planeta/vypoctovy-program-sichr>
- [3] MARTÍNEK, Zbyněk. *Projektování elektroinstalací: sylabus pro cvičení*. Vyd. 1. Plzeň: Západočeská univerzita, 1995, 109 s. ISBN 80-7082-197-3.
- [4] KUNC, Josef. *Elektroinstalace krok za krokem*. Praha, Grada Publishing, 2003, 132 s. ISBN 80-247-0559-1.
- [5] <http://archiv.eatonelektrotechnika.cz> [online] 2019 [cit. 08. 04. 2019]. Dostupné: http://archiv.eatonelektrotechnika.cz/produkty-domovni_instalace-rozvadecove_skrine_rozvodnice-plastove_rozvodnice
- [6] KUNC, Josef. *Komfortní a úsporná elektroinstalace*. Vyd. 2. Brno, ERA, 2003, 120 s. ISBN 80-86517-73-X.
- [7] <https://www.conrad.cz> [online] 2019 [cit. 10. 04. 2019]. Dostupné: <https://www.conrad.cz/jistice.c0217535>
- [8] <http://www.bonega.cz> [online] 2019 [cit. 11. 04. 2019]. Dostupné: http://www.bonega.cz/go.asp?odkaz=elektro/vzdelani/clanky/barevne_packy.htm
- [9] <http://www.mbest.cz> [online] 2019 [cit. 11. 04. 2019]. Dostupné: <http://www.mbest.cz/wp-content/uploads/2013/01/T1.4-JISTIČE.pdf>
- [10] <https://www.elektrohartman.cz> [online] 2019 [cit. 13. 04. 2019]. Dostupné: <https://www.elektrohartman.cz/5597-2389b1-zasuvka-jednonasobna-s-ochrannym-kolikem-s-ochranou-pred-prepetim-jasne-bila#lightbox>
- [11] KŘEČEK, Stanislav. *Příručka zabezpečovací techniky*. Vyd. 1. Blatná, 2002, 351 s. ISBN 80-902938-2-4.
- [12] CIHELKA, Jaromír. *Solární tepelná technika*. Praha, Nakladatelství T. Malina, 1994, 208 s. ISBN 80-900759-5-9.
- [13] SRDEČNÝ, Karel. *Energeticky soběstačný dům – realita, či fikce?* Vyd. 1. Brno, ERA, 2006, 92 s. ISBN 80-7366-052-0.
- [14] mpo-efekt [online] 2019 [cit. 27. 02. 2019]. Dostupné: https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/01_zaklady_1.pdf

- [15] <http://www.jhsolar.cz> [online] 2019 [cit. 04. 03. 2019]. Dostupné: <http://www.jhsolar.cz/solarni-kolektory/solarni-kolektor-TS300.aspx>
- [16] <https://www.twi.cz> [online] 2019 [cit. 04. 03. 2019]. Dostupné: <https://www.twi.cz/solarni-kolektory/sun-wing-t4-cu-vertikalni>
- [17] <http://www.123topeni.cz> [online] 2019 [cit. 05. 03. 2019]. Dostupné: <http://www.123topeni.cz/Trubicovy-kolektor-Varisol-HP90-20-d15870.htm?tab=description>
- [18] <http://www.trubicove-kolektory.cz> [online] 2019 [cit. 05. 03. 2019]. Dostupné: http://www.trubicove-kolektory.cz/detail_tku25.html
- [19] <https://solarnisystemynaohrevvody.cz> [online] 2019 [cit. 04. 03. 2019]. Dostupné: <https://solarnisystemynaohrevvody.cz/ploche-kolektory-vs-vakuove>
- [20] <http://www.topeni-topenari.eu> [online] 2019 [cit. 04. 03. 2019]. Dostupné: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/solarni-vytapeni/kapalinove.php>
- [21] BERANOVSKÝ, Jiří, TRUXA, Jan, a kol. *Alternativní energie pro váš dům*. Brno, ERA, 2003, 125 s. ISBN 80-86517-59-4.
- [22] <https://docplayer.cz> [online] 2019 [cit. 07. 03. 2019]. Dostupné: <https://docplayer.cz/6708087-Solarni-technika-logasol-k-ohrevu-tuv-a-k-podpore-vytapeni.html>
- [23] <https://oze.tzb-info.cz> [online] 2019 [cit. 08. 03. 2019]. Dostupné: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/4903-ucinnost-vakuovych-trubkovych-solarnich-kolektoru-i>
- [24] <https://www.tenaur.cz> [online] 2019 [cit. 09. 03. 2019]. Dostupné: <https://www.tenaur.cz/sortiment/tepelna-cerpadla-vzduch-voda/>
- [25] <http://www.domy-d.cz> [online] 2019 [cit. 09. 03. 2019]. Dostupné: <http://www.domy-d.cz/tepelna-cerpadla.htm>
- [26] <http://bht-tepelnacerpadla.cz> [online] 2019 [cit. 09. 03. 2019]. Dostupné: <http://bht-tepelnacerpadla.cz/jak-funguje-tc.php#bot>
- [27] <https://www.viessmann.cz> [online] 2019 [cit. 12. 03. 2019]. Dostupné: <https://www.viessmann.cz/cs/obytne-budovy/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-zemevoda/vitocal-242g.html>
- [28] <https://www.atrea.cz> [online] 2019 [cit. 05. 04. 2019]. Dostupné: <https://www.atrea.cz/cz/co-je-to-rekuperace>

- [29] <https://www.normy.biz> [online] 2019 [cit. 29. 03. 2019]. Dostupné:
<https://shop.normy.biz/detail/89336#nahled>
- [30] <https://www.normy.biz> [online] 2019 [cit. 30. 03. 2019]. Dostupné:
https://shop.normy.biz/detail/23369?_sid=obyv#nahled
- [31] <https://www.normy.biz> [online] 2019 [cit. 31. 03. 2019]. Dostupné:
https://shop.normy.biz/detail/506293?_sid=5y57#nahled
- [32] SATINSKÝ, Alexandr, KUTÁČ, Jiří. *Soubor předpisů pro ochranu před bleskem a přepětím*. Havířov, IRIS, 2006, 268 s. ISBN 80-903540-6-8.

Přílohy

Seznam příloh

- Příloha č. 1 – Všeobecné informace a soupiska materiálu
- Příloha č. 2 – Celkové schéma napájecí přípojky
- Příloha č. 3 – Přehled parametrů a výpočtů (TN, $U_n = 230/400$ V)
- Příloha č. 4 – Selektivita jištění
- Příloha č. 5 – Impedanční smyčky
- Příloha č. 6 – Vypínací charakteristiky a nastavení spouští
- Příloha č. 7 – Ekonomická optimalizace
- Příloha č. 8 – Nastavení nadproudových spouští
- Příloha č. 9 – Vypínací charakteristiky - selektivita jištění - paprsek 1
- Příloha č. 10 – Vypínací charakteristiky - impedanční smyčky - paprsek 1
- Příloha č. 11 – Vypínací charakteristiky - paprsek 1
- Příloha č. 12 – Výkres – půdorys
- Příloha č. 13 – Výkres – domovní rozváděč (DR)
- Příloha č. 14 – Výkres – celkové zapojení
- Příloha č. 15 – Výkres – připojení
- Příloha č. 16 – Výkres – silnoproud
- Příloha č. 17 – Výkres – slaboproud
- Příloha č. 18 – Výkres – bleskosvod

Příloha č. 1 – Všeobecné informace a soupiska materiálu - Sichr 19.01



Projekt : Návrh elektroinstalace pasivního rodinného domu

DP 2019

Autor : Bc. Tomáš Holý

Datum : 10.02.2019

Všeobecné informace a soupiska materiálu

Návrh elektroinstalace pasivního rodinného domu

Sítě TN, jmenovité napětí AC 230 / 400 V.

K ověření selektivity byly použity údaje výrobce

K výpočtu byly použity následující normy : ČSN 33 2000-4-41 ed. 3, PNE 33 0000-1 ed. 6, ČSN 33 2000-4-43 ed. 2 a ČSN 33 2000-5-52 ed. 2.

K zobrazení vypínacích charakteristik byly použity údaje výrobce

Charakteristiky jsou vedeny v 75% proudového rozptylového pásma

Pro výpočty zkratů byla použita ČSN EN 60909-0

Soupiska strojů, přístrojů a vodičů

Všecké přístroje jsou uvedeny pouze v základním provedení

Doplňkové příslušenství naleznete v katalogu nebo Konfiguratoru OEZ

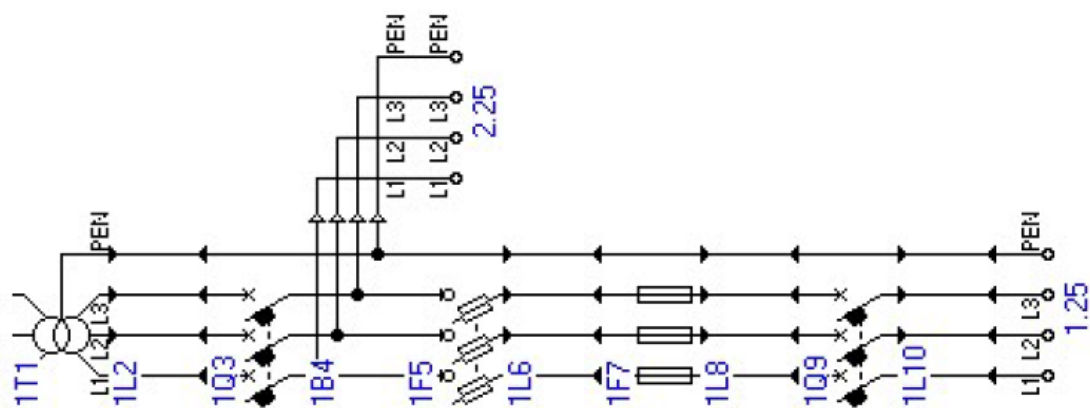
Přístroje označené * nemají úplné typové označení a je nutné je vyhledat v katalogu nebo Konfiguratoru OEZ

1T1	SGB DOTN 250H 22/0.40, In = 361 A, Sr = 250 kVA	1 ks
1L2	1-CHBU 1x240+120	20 m
1Q3	BH630NE305 + SE-BH-0630-DTVE	1 ks
1F5	* FSD1-3...	1 ks
1F5	PHNA1 125A gG	3 ks
1L6	1-AYKY 4x120	310 m
1F7	* S3PB00...	1 ks
1F7	PHNA000 63A gG	3 ks
1L8	CYKY4x16	2 m
1Q9	LTN-40B-3	1 ks
1L10	CYKY4x10	10 m

Příloha č. 2 – Celkové schéma napájecí přípojky - Sichr 19.01

OEZ Celkové schéma

Návrh elektroinstalace pasivního rodinného domu



Příloha č. 3 – Přehled parametrů a výpočtů (TN, $U_n = 230/400$ V) - Sichr 19.01
Projekt : Návrh elektroinstalace pasivního rodinného domu
Přehled parametrů a výpočtů (TN, $U_n = 230/400$ V)

DP 2019

Datum : 10.02.2019

z pasivního rodinného domu

1T1	SGB DOTN 250H 22/0.40 $U_2 = 231/400$ V $S_r = 250$ kVA $I_n = 361$ A $u_k = 4$ % $dU = 0.2$ %	$I_k'' = 8.91$ kA $i_p = 16.1$ kA	Parametry VN sítě : $S_k = 500$ MVA, $X/R = 10.01$
1L2	1-CHBU 1x240+120 $I_z = 607$ A $t_m = 70$ °C $dU = 0.0$ % $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 8.65$ kA $i_p = 15.6$ kA	5 m ve vzduchu (F) Teplota okolí [st. C] : 30 Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů na lávce, žebříku či roštu : 1 Uspořádání seskupených obvodů : V jedné vrstvě volně Počet lávek, žebříků či roštů : 1
1Q3	BH630NE305 + SE-BH-0630-DTVE $I_n = 630$ A $I_R = 361$ A	$I_{cu} = 36$ kA $i_p = 15.6$ kA	$I_i = 4512.50$ A $Z_s(0,4s) = 65$ mΩhm, $I_a = 3.56$ kA, $R(50V/5s) = 26$ mΩhm
1B4	Sběrnice B = 1 U = 399 V ($U_n - 0.2\%$)	$I_k'' = 8.65$ kA $i_p = 15.6$ kA	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (27.8 mΩhm < 65.0 mΩhm)
1F5	PHNA1 125A qG $I_n = 125$ A	$I_{cc} = 120$ kA $i_o = 8.03$ kA	Připojeno pomocí FSD1 $Z_s(0,4s) = 192$ mΩhm, $I_a = 1.20$ kA, $R(50V/5s) = 80$ mΩhm 1Q3-1F5 selektivita ověřena do 65.0 kA > $I_k'' = 8.65$ kA 1Q3-1F5 zaručena plná selektivita
1L6	1-AYKY 4x120 $I_z = 272$ A $t_m = 21$ °C $dU = 0.9$ % $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 2.23$ kA $i_p = 3.23$ kA	310 m v zemi (D) O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (192 mΩhm < 192 mΩhm) k = 1.110
1F7	PHNA000 63A qG $I_n = 63$ A	$I_1 = 120$ kA $i_p = 3.23$ kA	Připojeno pomocí SPB00 $Z_s(0,4s) = 377$ mΩhm, $I_a = 612$ A, $R(50V/5s) = 167$ mΩhm 1F5-1F7 selektivní minimálně do 2.1 kA
1L8	CYKY4x16 $I_z = 80$ A $t_m = 45$ °C $dU = 0.0$ % $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 2.19$ kA $i_p = 3.16$ kA	2 m ve vzduchu (E) O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (197 mΩhm < 377 mΩhm) Teplota okolí [st. C] : 30 Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů na lávce, žebříku či roštu : 1 Uspořádání seskupených obvodů : V jedné vrstvě volně Počet lávek, žebříků či roštů : 1
1Q9	LTN-40B $I_n = 40$ A	$I_{cn} = 50$ kA* $i_p = 3.16$ kA	$I_i = 180$ A $Z_s(0,4s) = 1.15$ Ωhm, $I_a = 201$ A, $R(50V/5s) = 249$ mΩhm 1F7-1Q9 selektivita ověřena do 1.6 kA
1L10	CYKY4x10 $I_z = 60$ A $t_m = 59$ °C $dU = 0.2$ % $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 1.88$ kA $i_p = 2.71$ kA	10 m v zemi (D) O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (237 mΩhm < 1.15 Ωhm) Teplota okolí [st. C] : 20 Měrný tepelný odpor [K.m/W] : 0.7 = vlhká půda Uspořádání seskupených obvodů : 1 x v trubkách v zemi
1.25	Vývod $I = 25$ A x8 = 25 A $\cos \phi = 0.98$ $I = 25.0$ A B = 1 U = 395 V ($U_n - 1.3\%$)	$I_k'' = 1.88$ kA $i_p = 2.71$ kA	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (237 mΩhm < 1.15 Ωhm)
2.25	Vývod S = 0 VA U = 399 V ($U_n - 0.2\%$)	$I_k'' = 8.65$ kA $i_p = 15.6$ kA	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (27.8 mΩhm < 65.0 mΩhm)

Příloha č. 4 – Selektivita jištění - Sichr 19.01

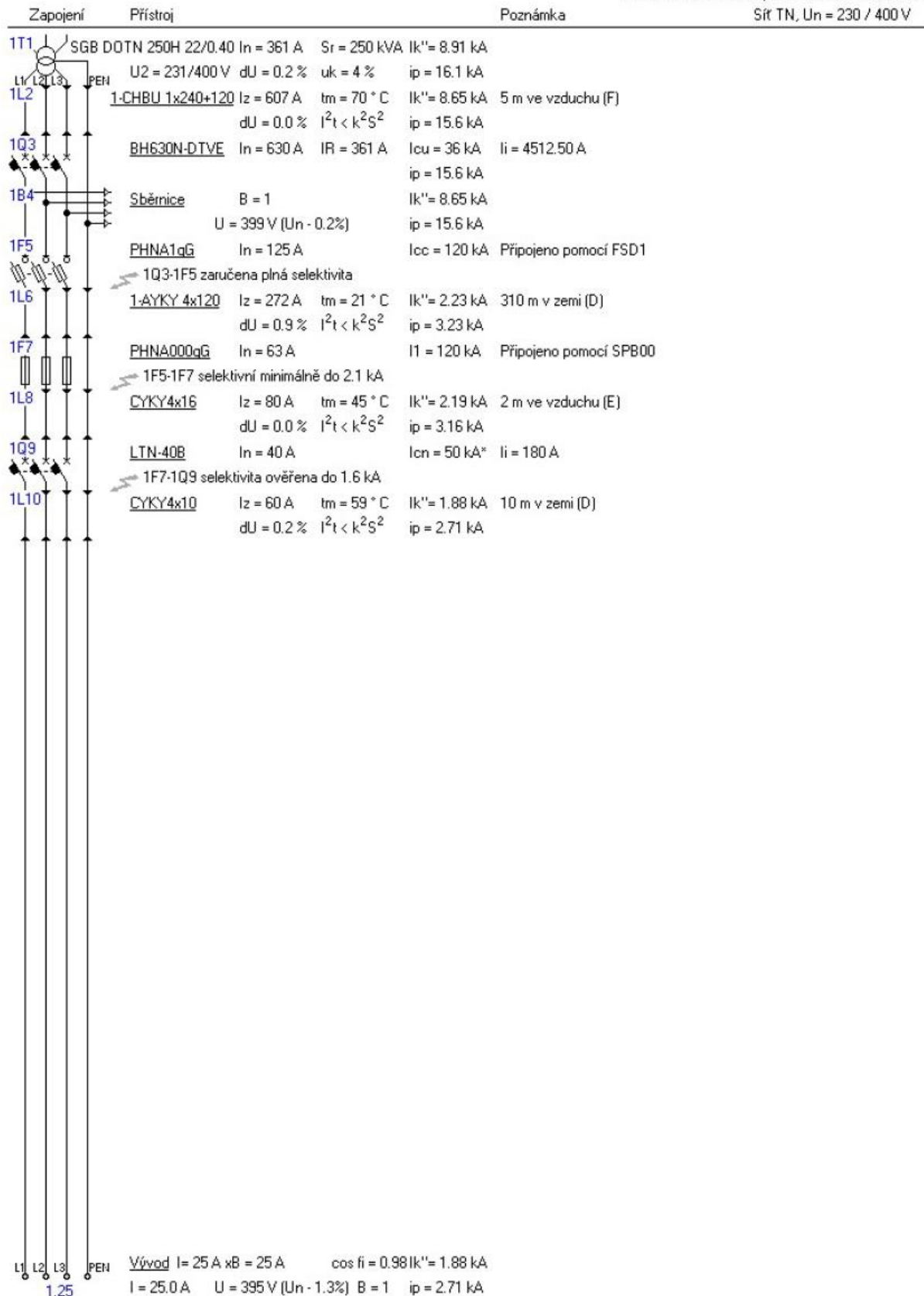


Projekt : Návrh elektroinstalace pasivního rodinného domu
Selektivita jištění

DP 2019

Datum : 10.02.2019

Návrh elektroinstalace pasivního rodinného domu
 Síť TN, Un = 230 / 400 V



Příloha č. 5 – Impedanční smyčky - Sichr 19.01



Projekt : Návrh elektroinstalace pasivního rodinného domu
Impedanční smyčky

DP 2019

Datum : 10.02.2019

Návrh elektroinstalace pasivního rodinného domu
 Síť TN, $U_n = 230 / 400 \text{ V}$

Zapojení	Přístroj	Poznámka
1T1	SGB DOTN 250H 22/0.40 $I_n = 361 \text{ A}$ $S_r = 250 \text{ kVA}$ $I_k'' = 8.91 \text{ kA}$ $U_2 = 231/400 \text{ V}$ $dU = 0.2 \%$	
L1, L2, L3, PEH	1-CHBU 1x240+120 $I_z = 607 \text{ A}$ $t_m = 70^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 8.65 \text{ kA}$ 5 m, (F) $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 15.6 \text{ kA}$	5 m ve vzduchu (F)
1Q3	BH630N-DTVE $I_n = 630 \text{ A}$ $I_R = 361 \text{ A}$ $I_{cu} = 36 \text{ kA}$ $I_i = 4512.50 \text{ A}$ $Z_s(0,4s) = 65 \text{ m}\Omega$, $I_a = 3.56 \text{ kA}$, $R(50V/5s) = 26 \text{ m}\Omega$	
1B4	Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 8.65 \text{ kA}$ $U = 399 \text{ V}$ ($U_n - 0.2\%$) $i_p = 15.6 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (27.8 mΩhm < 65.0 mΩhm)
1F5	PHNA1qG $I_n = 125 \text{ A}$ $I_{cc} = 120 \text{ kA}$	Připojeno pomocí FSD1
1L6	1-AYKY 4x120 $I_z = 272 \text{ A}$ $t_m = 21^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.23 \text{ kA}$ 310 m, (D) $dU = 0.9 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 3.23 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (192 mΩhm < 192 mΩhm)
1F7	PHNA000qG $I_n = 63 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPB00
1L8	CYKY4x16 $I_z = 80 \text{ A}$ $t_m = 45^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 2.19 \text{ kA}$ 2 m, (E) $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 3.16 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (197 mΩhm < 377 mΩhm)
1Q9	LTN-40B $I_n = 40 \text{ A}$ $I_{cn} = 50 \text{ kA}^*$ $I_i = 180 \text{ A}$ $Z_s(0,4s) = 1.15 \text{ }\Omega$ hm, $I_a = 201 \text{ A}$, $R(50V/5s) = 249 \text{ m}\Omega$ hm	
1L10	CYKY4x10 $I_z = 60 \text{ A}$ $t_m = 59^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.88 \text{ kA}$ 10 m, (D) $dU = 0.2 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 2.71 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (237 mΩhm < 1.15 Ωhm)
L1, L2, L3, PEN	Vývod $I = 25 \text{ A} \times 8 = 25 \text{ A}$ $\cos \phi_i = 0.98$ $I_k'' = 1.88 \text{ kA}$ $I = 25.0 \text{ A}$ $U = 395 \text{ V}$ ($U_n - 1.3\%$) $B = 1$ $i_p = 2.71 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (237 mΩhm < 1.15 Ωhm)

Příloha č. 6 – Vypínací charakteristiky a nastavení spouští - Sichr 19.01



Projekt : Návrh elektroinstalace pasivního rodinného domu

DP 2019

Vypínací charakteristiky a nastavení spouští

Datum : 10.02.2019

Návrh elektroinstalace pasivního rodinného domu

Zapojení	Přístroj	Poznámka
1T1	SGB DOTN 250H 22/0.40 In = 361 A Sr = 250 kVA Ik'' = 8.91 kA U2 = 231/400 V dU = 0.2 % uk = 4 % ip = 16.1 kA	
L1, L2, L3, PEH		
1L2	1-CHBU 1x240+120 Iz = 607 A tm = 70 ° C Ik'' = 8.65 kA 5 m ve vzduchu (F) dU = 0.0 % I ² t < k ² S ² ip = 15.6 kA	
1Q3	BH630N-DTVE In = 630 A IR = 361 A Icu = 36 kA li = 4512.50 A ip = 15.6 kA	
1B4	Sběrnice B = 1 Ik'' = 8.65 kA U = 399 V (Un - 0.2%) ip = 15.6 kA	
1F5	PHNA1qG In = 125 A Icc = 120 kA Připojeno pomocí FSD1 io = 8.03 kA	
1L6	1-AYKY 4x120 Iz = 272 A tm = 21 ° C Ik'' = 2.23 kA 310 m v zemi (D) dU = 0.9 % I ² t < k ² S ² ip = 3.23 kA	
1F7	PHNA000qG In = 63 A I1 = 120 kA Připojeno pomocí SPB00 ip = 3.23 kA	
1L8	CYKY4x16 Iz = 80 A tm = 45 ° C Ik'' = 2.19 kA 2 m ve vzduchu (E) dU = 0.0 % I ² t < k ² S ² ip = 3.16 kA	
1Q9	LTN-40B In = 40 A Icn = 50 kA* li = 180 A ip = 3.16 kA	
1L10	CYKY4x10 Iz = 60 A tm = 59 ° C Ik'' = 1.88 kA 10 m v zemi (D) dU = 0.2 % I ² t < k ² S ² ip = 2.71 kA	
L1, L2, L3, PEH	Vývod I = 25 A x B = 25 A cos fi = 0.98 Ik'' = 1.88 kA I = 25.0 A U = 395 V (Un - 1.3%) B = 1 ip = 2.71 kA	

Příloha č. 7 – Ekonomická optimalizace - Sitr 19.01



Projekt : **Návrh elektroinstalace pasivního rodinného domu**
Ekonomická optimalizace

DP 2019

Datum : 10.02.2019

Návrh elektroinstalace pasivního rodinného domu
 Sitr TN, Un = 230 / 400 V

Zapojení	Přístroj	Poznámka
	<p>TT1 SGB DOTN 250H 22/0,40 In = 361 A Sr = 250 kVA Ik'' = 8,91 kA U2 = 231/400 V dU = 0,2 % uk = 4 % ip = 16,1 kA</p> <p>1-CHBU 1x240+120 Iz = 607 A</p> <p>BH630N-DTVE In = 630 A IR = 361 A Icu = 36 kA li = 4512,50 A ip = 15,6 kA</p> <p>Sběrnice B = 1 U = 399 V (Un · 0,2%) Ik'' = 8,65 kA ip = 15,6 kA</p> <p>PHNA1qG In = 125 A Icc = 120 kA Připojeno pomocí FSD1 io = 8,03 kA</p> <p>1-AYKY 4x120 Iz = 272 A</p> <p>PHNA000qG In = 63 A I1 = 120 kA Připojeno pomocí SPB00 ip = 3,23 kA</p> <p>CYKY4x16 Iz = 80 A</p> <p>LTN-40B In = 40 A Icn = 50 kA* li = 180 A ip = 3,16 kA</p> <p>CYKY4x10 Iz = 60 A</p>	
<p>L1 L2 L3 PEN</p> <p>1L2</p> <p>1Q3</p> <p>1B4</p> <p>1F5</p> <p>1L6</p> <p>1F7</p> <p>1L8</p> <p>1Q9</p> <p>1L10</p> <p>L1 L2 L3 PEN</p> <p>1.25</p>	<p>Vývod I = 25 A x B = 25 A cos fi = 0,98 Ik'' = 1,88 kA I = 25,0 A U = 395 V (Un · 1,3%) B = 1 ip = 2,71 kA</p>	

Příloha č. 8 – Nastavení nadproudových spouští - SCHR 19.01



Projekt : **Návrh elektroinstalace pasivního rodinného domu**
Nastavení nadproudových spouští

DP 2019

Datum : 10.02.2019

Návrh elektroinstalace pasivního rodinného domu

1Q3

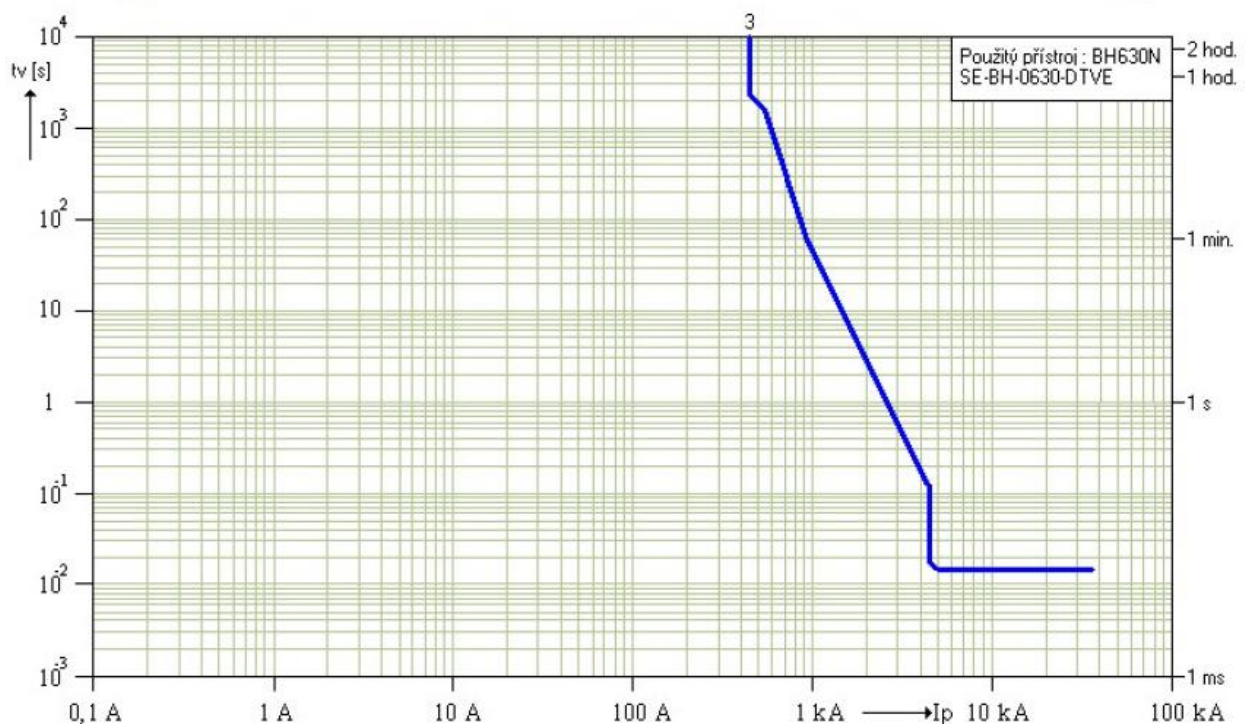
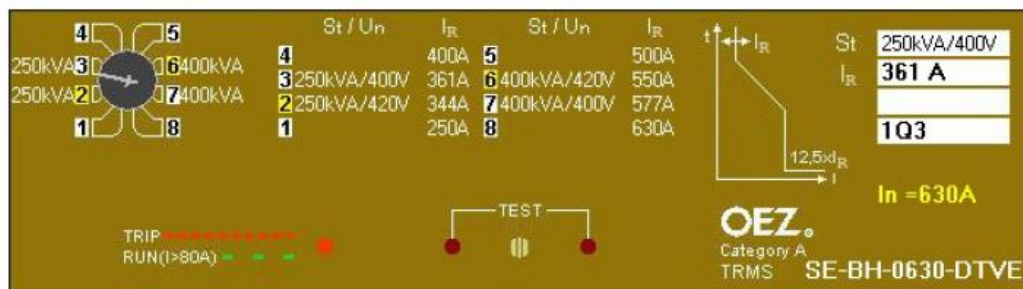
BH630NE305 + SE-BH-0630-DTVE

$I_{cu} = 36 \text{ kA}$

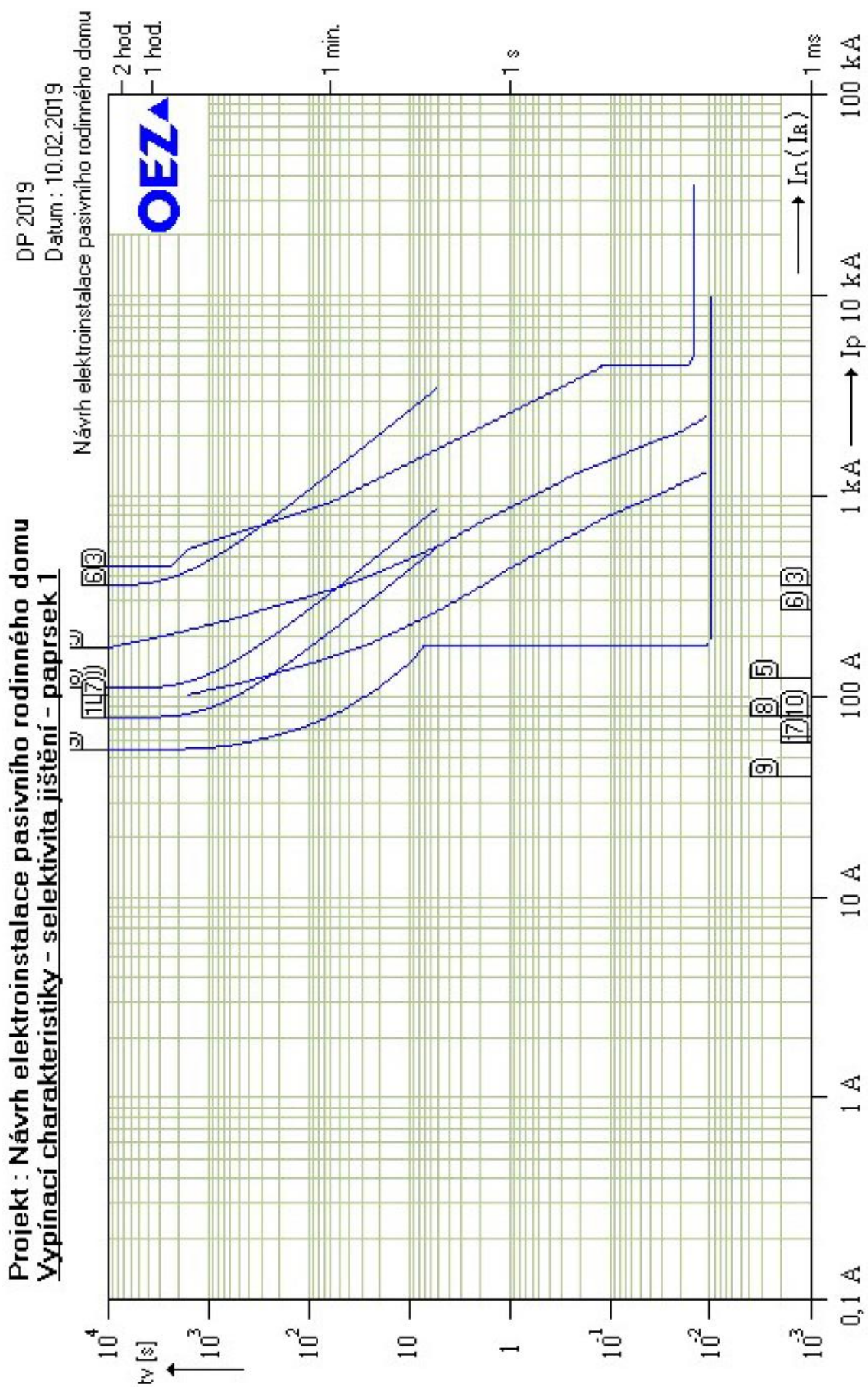
$I_n = 630 \text{ A}$

$I_R = 361 \text{ A}$

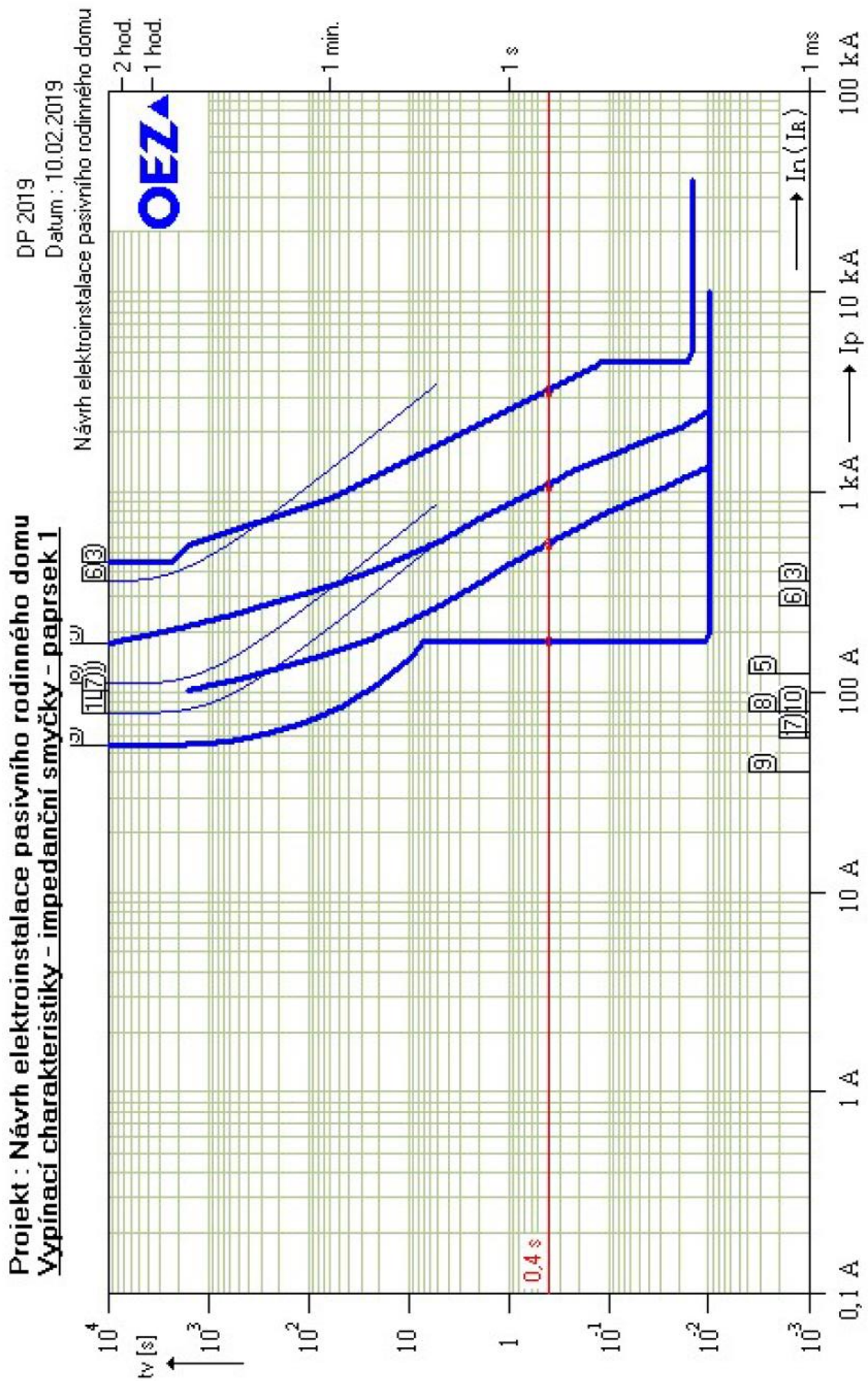
$I_i = 4512.50 \text{ A}$



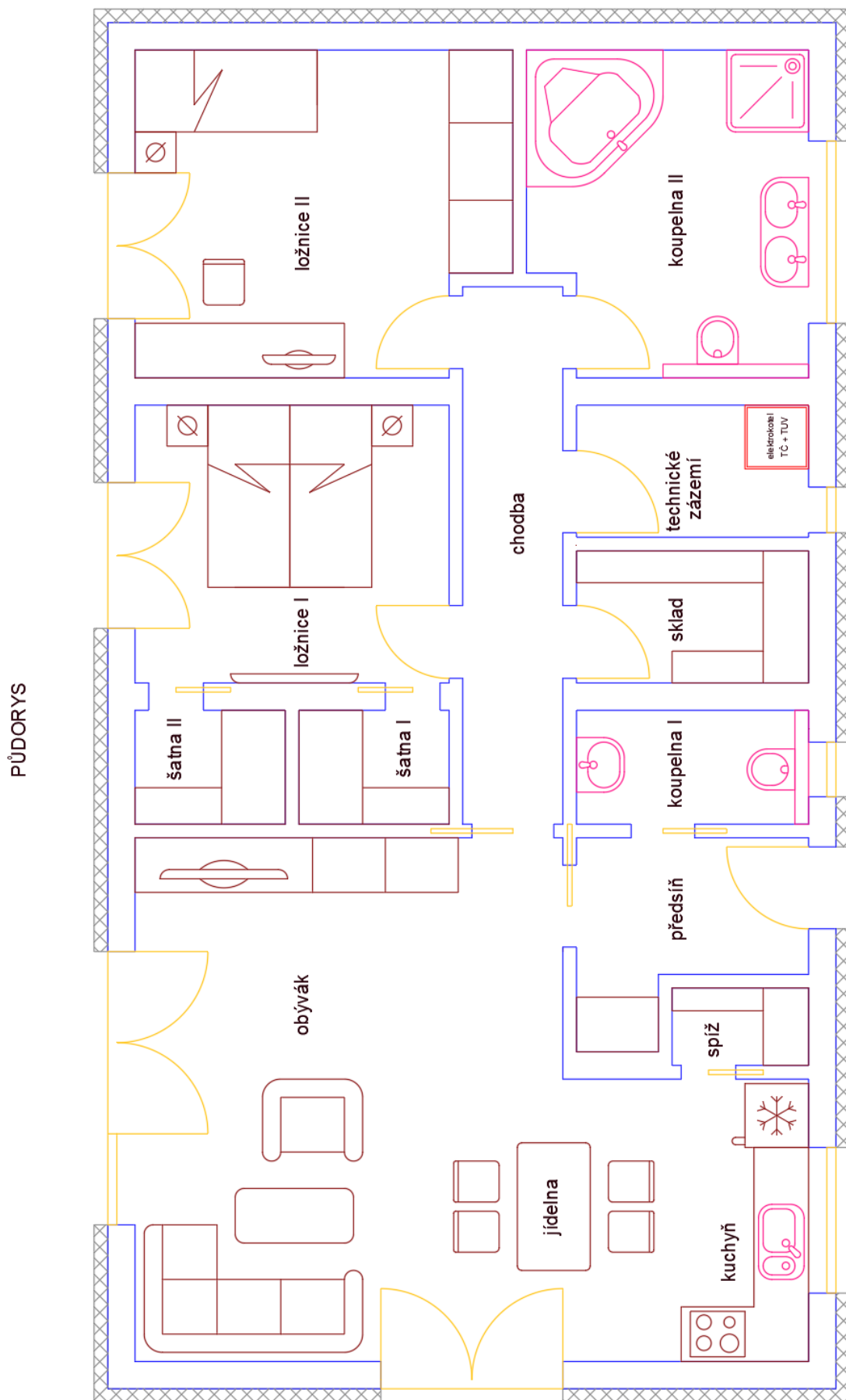
Příloha č. 9 – Vypínací charakteristiky – selektivita jištění – paprsek 1 - Sichr 19.01



Příloha č. 10 – Vypínací charakteristiky – impedanční smyčky – paprsek 1 - Sichr 19.01



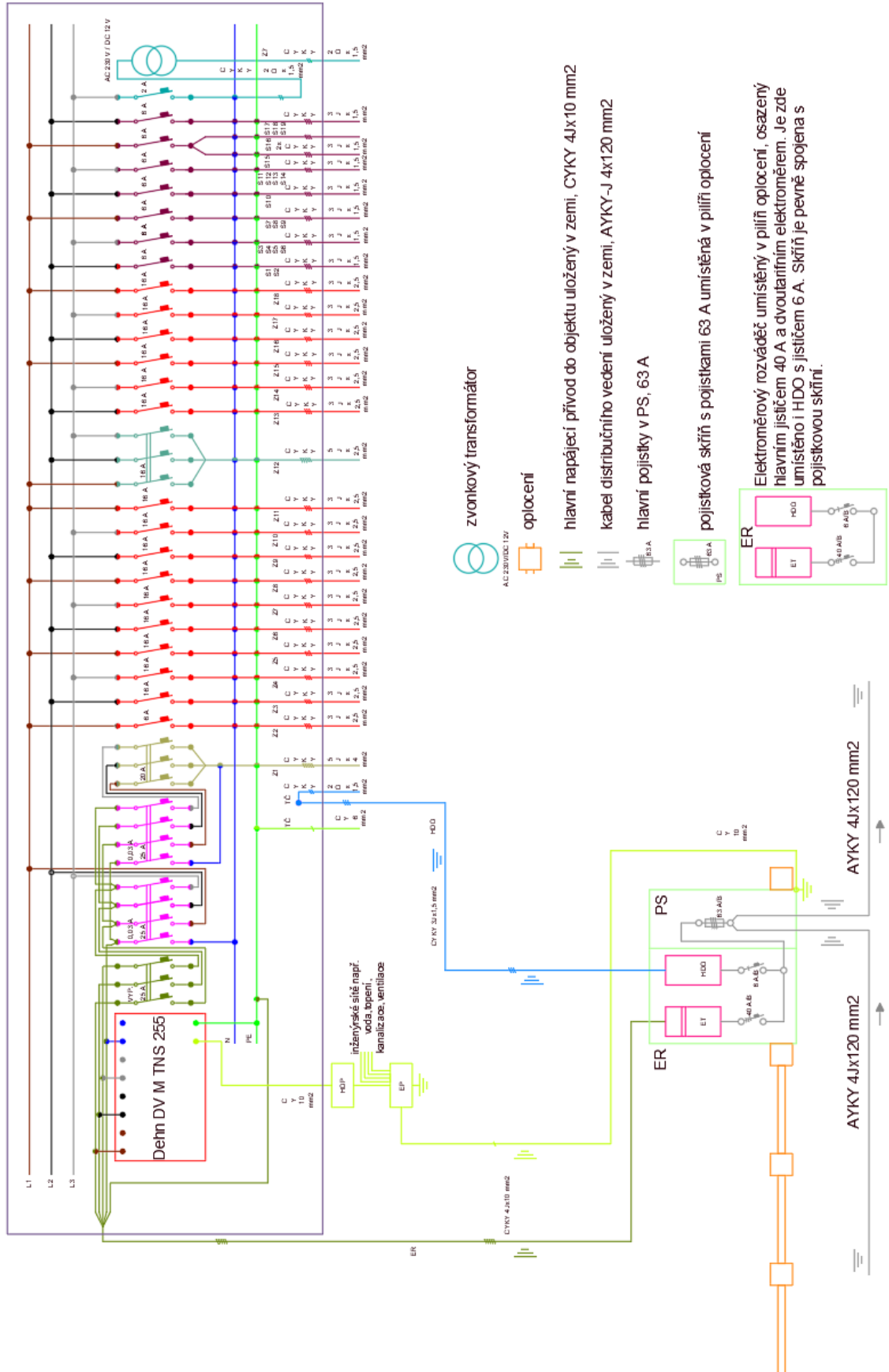
Příloha č. 12 – Půdorys – AutoCAD 2019



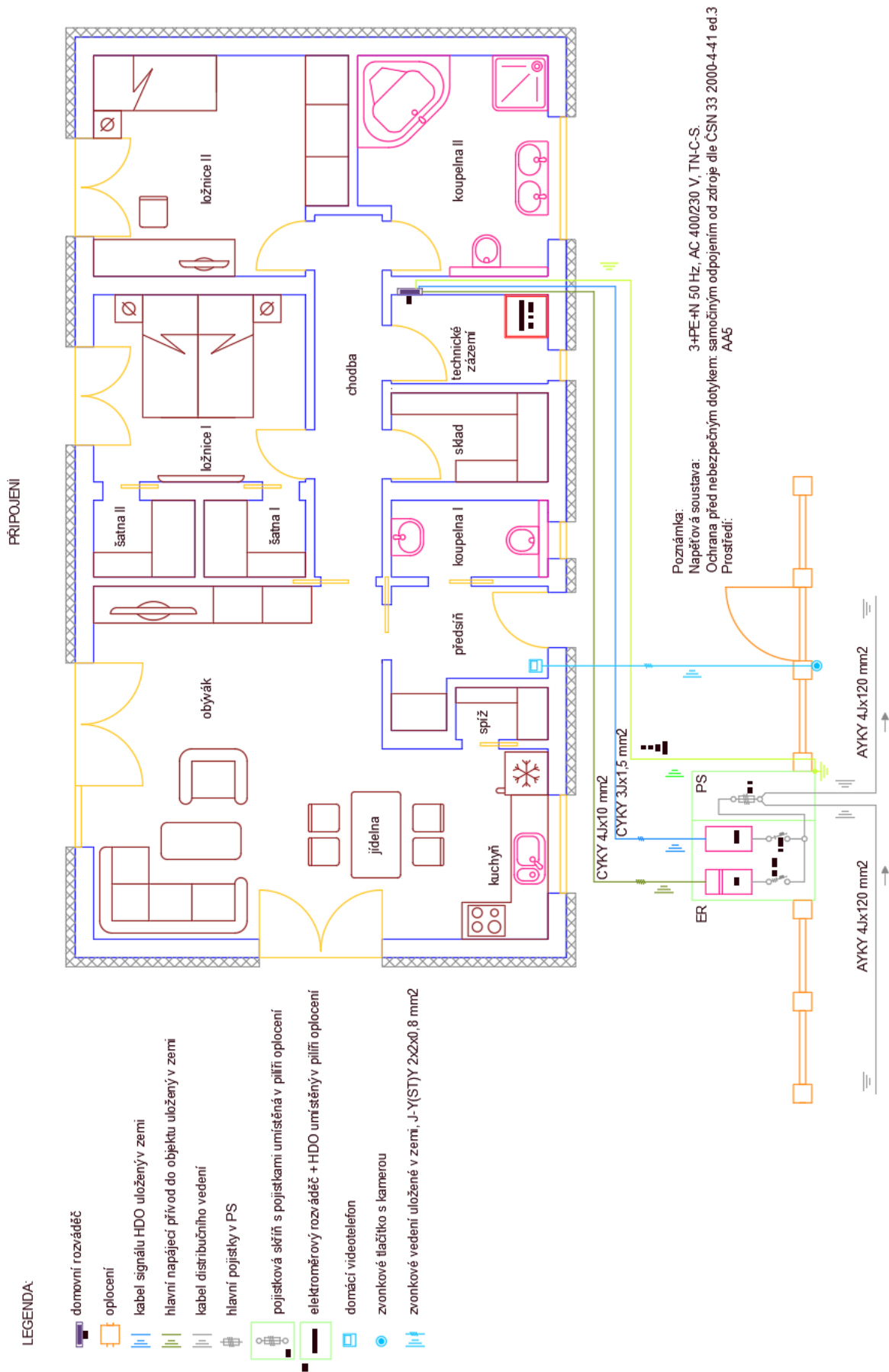
Příloha č. 14 – Celkové zapojení– AutoCAD 2019

Poznámka:
 Napětová soustava: 3+PE+N 50 Hz, AC 400/230 V, TN-C-S.
 Ochrana před nebezpečným dotykem: samočinným odpojením od zdroje dle ČSN 33 2000-4-41 ed.3
 AA5
Prostředí:

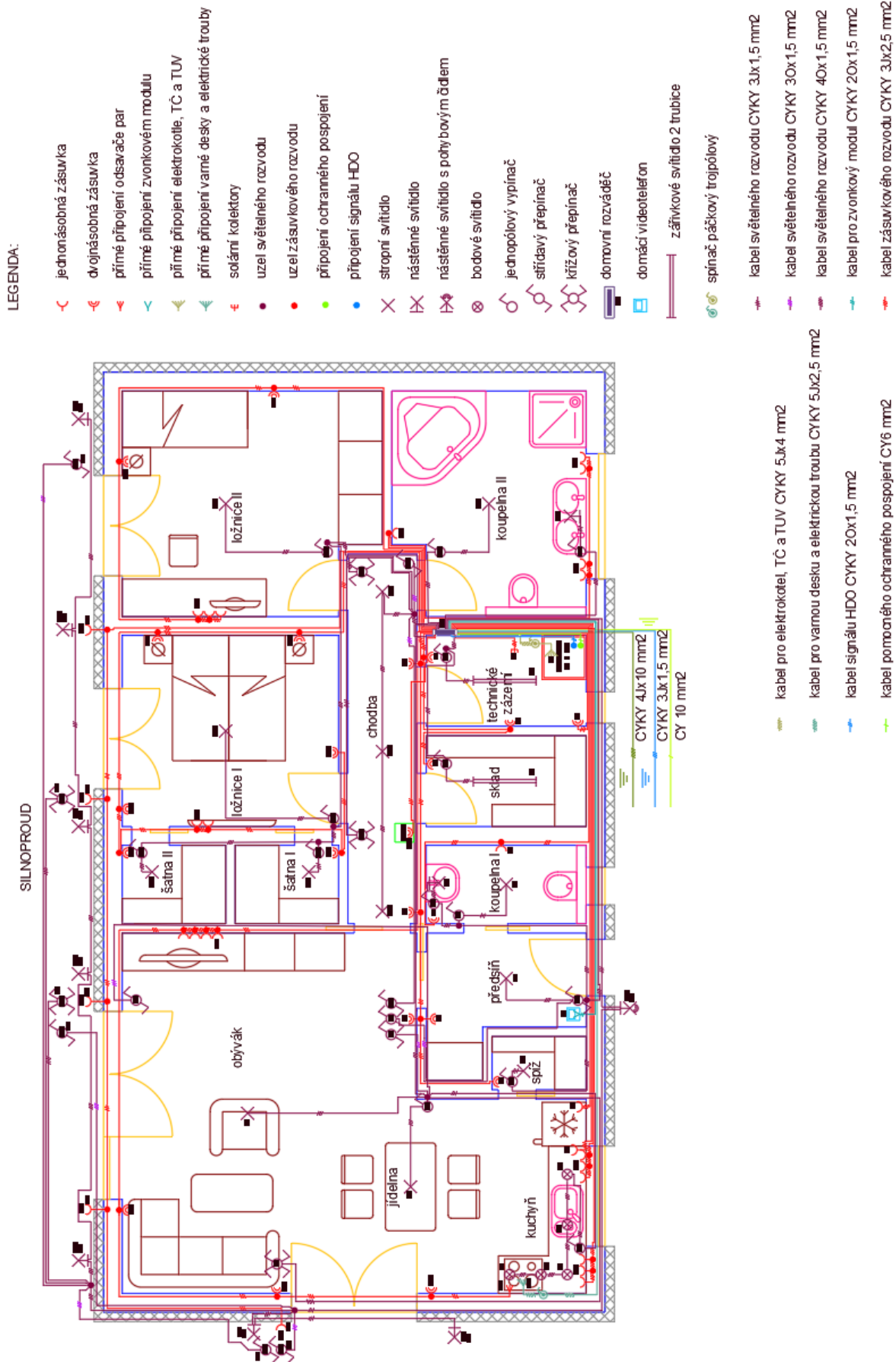
DOMOVNÍ ROZVÁDĚČ DR



Příloha č. 15 – Připojení – AutoCAD 2019



Příloha č. 16 – Silnoproud – AutoCAD 2019



Poznámka:
 Napětová soustava: 3+PE+N 50 Hz, AC 400/230 V, TN-C-S
 Ochrana před nebezpečným dotykem samostatným odpojením od zdroje dle CSN 33 2000-4-41 ed 3
 Prosředí: AA5

Příloha č. 17 – Slaboproud – AutoCAD 2019

